

**UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA**



**UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID**

**Departamento de Ingeniería Eléctrica**

**PROYECTO FIN DE CARRERA**

**INGENIERÍA INDUSTRIAL SUPERIOR**

**GESTIÓN DE DEMANDA EN UNA  
SMART-GRID CON VEHÍCULOS  
ELÉCTRICOS**

**COORDINADORA: Mónica Alonso Martínez**

**AUTOR: Sergio Bertolín Corisco**

**LEGANÉS (MADRID), Junio 2014**



**Proyecto fin de carrera – Ingeniería Industrial**  
**Gestión de demanda en una Smart-Grid con vehículos eléctricos**

**Sergio Bertolín Corisco**

---

# ÍNDICE

<b>Capítulo 1. Introducción .....</b>	<b>6</b>
1.1.    Objetivo del Proyecto Fin de Carrera.....	7
1.2.    Estructura del Proyecto Fin de Carrera .....	8
<b>Capítulo 2. Vehículo Eléctrico y Smart-Grid.....</b>	<b>9</b>
2.1.    Introducción al Vehículo Eléctrico.....	10
2.2.    El vehículo eléctrico frente al de combustión interna.....	11
2.3.    Clasificación de los vehículos eléctricos .....	13
2.3.1.    Vehículos híbridos .....	13
2.3.2.    Vehículos eléctricos de autonomía prolongada.....	15
2.3.3.    Vehículos eléctricos puros.....	16
2.4.    Almacenamiento de Energía: Baterías.....	17
2.4.1.    Las baterías de Ión-Lítio.....	17
2.4.2.    Durabilidad-Vida Útil .....	19
2.4.3.    Autonomía de las baterías.....	20
2.5.    Tecnologías de recarga del VE.....	23
2.5.1.    Duración y Tipos de Recarga .....	24
2.5.2.    Modos de Recarga .....	28
2.5.3.    Tipos de Conectores .....	30
2.6.    Smart-Grids.....	32
2.6.1.    Introducción a la Smart-Grid.....	32
2.6.2.    Definición de Smart-Grid .....	33
2.6.3.    ¿Por qué una Smart-Grid en España? .....	34
2.6.4.    Smart-Grid, Comunicación y la Recarga del Vehículo Eléctrico .....	36
<b>Capítulo 3. Optimización del <i>Particle Swarm</i>.....</b>	<b>41</b>
3.1.    Introducción .....	42
3.2.    Optimización Particle Swarm.....	43
3.2.1.    Antecedentes .....	43
3.2.2.    El algoritmo Particle Swarm Original.....	43
3.2.3.    Optimizadores Particle Swarm Posteriores .....	44
3.3.    Optimizador Particle Swarm para incorporación del VE .....	47
3.3.1.    Algoritmo Optimizador Particle Swarm .....	47

3.3.2.	PSO para la optimización de la incorporación del VE .....	48
3.3.3.	Coefficientes que determinan el funcionamiento del algoritmo: número de individuos y condiciones de salida .....	50
A.	Numero de partículas/individuos .....	51
B.	Numero de iteraciones / Condiciones de salida .....	51
3.3.4.	Variables de entrada .....	52
A.	El día tipo: (día) .....	52
B.	La penetración: (penet) .....	53
C.	Vehicle to grid diurna y nocturna: (V2G1,V2G2) .....	53
D.	Usuario típico, atípico y cantidad de los mismos: (usuarios) .....	54
E.	Características del VE tipo .....	56
3.3.5.	Etapas del Algoritmo.....	57
Etap 1.	Iniciación del Algoritmo .....	57
Etap 2.	Actualización de posición y velocidad .....	60
Etap 3.	Evaluación enjambre. Función Objetivo .....	64
Etap 4.	Comprobación Pmin-Gmin.....	65
Etap 5.	Comprobación Pbest-Gbest .....	66
Capítulo 4.	Aplicación del PSO para la optimización de la incorporación de VE a la red. ....	67
4.1.	Introducción-Caso de estudio .....	68
4.2.	Estrategia de 24 horas .....	72
4.2.1.	Funcionamiento del algoritmo.....	72
4.2.2.	Simulación de Estrategia 24 horas .....	72
4.2.3.	Dispersión del enjambre .....	77
4.2.4.	PSO frente búsqueda aleatoria.....	80
4.3.	Estrategia 90%-10%.....	84
4.3.1.	Funcionamiento del algoritmo.....	84
4.3.2.	Simulación de Estrategia 90%-10% .....	86
4.4.	Estrategia V2G .....	90
4.4.1.	Funcionamiento del algoritmo.....	90
4.4.2.	1ª Simulación Estrategia V2G .....	93
4.4.3.	2ª Simulación Estrategia V2G .....	95
4.5.	Estrategia V2G-Punta de demanda.....	98



4.5.1.	Funcionamiento del algoritmo.....	98
4.5.2.	1ª Simulación Estrategia V2G-Punta de demanda .....	99
4.6.	Estrategia Final.....	101
4.6.1.	Funcionamiento del algoritmo.....	101
4.6.2.	Simulación Estrategia Final.....	105
4.7.	Presentación de Resultados Semanales .....	108
4.7.1.	Estrategia 24 horas .....	108
4.7.2.	Estrategia 90% 10%.....	108
4.7.3.	Estrategia V2G.....	109
4.7.4.	Estrategia V2G-Punta de demanda .....	109
4.7.5.	Estrategia Final.....	109
Capítulo 5.	Conclusiones.....	110
Bibliografía	.....	112
Índice de Figuras	.....	115
Anexos.....		118



# Capítulo 1. Introducción

# **1. Introducción**

En la actualidad, la mayor parte de las emisiones contaminantes a la atmósfera se originan en el sector del transporte, de todas las emisiones del transporte las que mayor relevancia tienen son las generadas por el vehículo privado. Es cierto que con ayuda de políticas de penalización y concienciación además de impuestos que penalizan a los vehículos que más contaminan, tanto los compradores como los fabricantes se ven concienciados, demandando y ofertando vehículos cada vez menos contaminantes. La Agencia Medioambiental Europea publicó en Noviembre de 2013 el informe sobre la evolución de las emisiones de CO<sub>2</sub> por parte de los automóviles, donde concluyó que la gran mayoría de fabricantes para sus nuevas flotas cumplirá con el objetivo de reducir la polución a 130 g/km en 2015, siendo el siguiente objetivo reducirlo a 95 g/km recorrido situado en 2020 [1]. Aun así, el aumento de los parques automovilísticos y el envejecimiento de las flotas han motivado a la Unión Europea a coordinar acciones en relación al cambio climático y la energía.

El objetivo en materia energética es conseguir un modelo más sostenible, en el que se satisfagan las necesidades de las generaciones presentes, sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras, atendiendo a los objetivos de seguridad energética, competitividad y sostenibilidad ambiental.

En enero de 2007, la Comisión Europea presentó el comunicado “Una política energética para Europa” donde se establecían líneas generales de la política energética comunitaria. Se incluía un plan de acción para cumplir los “objetivos del 20-20-20”. Reducir un 20% los gases de efecto invernadero, lograr que el 20% del consumo se haga con energías renovables y lograr una mejora de la eficiencia energética del 20% en la UE.

Posteriormente, la Comisión Europea presentó en 2011 la Estrategia Europea del Transporte 2050, donde uno de los objetivos es acabar con los automóviles de combustible convencional en las ciudades en el año 2050. Objetivo muy ambicioso conociendo que más del 90% del sector del transporte depende hoy de combustibles fósiles. Para ello el vehículo eléctrico se presenta como una solución a la dependencia de los combustibles fósiles y a las altas emisiones en el sector transporte. En un futuro, el vehículo de combustión interna tendrá que convivir con una alta penetración del vehículo eléctrico.

## **1.1. Objetivo del Proyecto Fin de Carrera**

El vehículo eléctrico se hace cada vez más presente en nuestras ciudades y antes de que su presencia llegue a ser a gran escala, debemos plantearnos cómo la penetración del vehículo eléctrico afectará al sistema eléctrico. Será necesario el haber implantado las tecnologías necesarias para que la nueva demanda de recargas sea gestionada eficiente e inteligentemente. Este es el objetivo de nuestro estudio, la gestión de recargas de vehículos eléctricos en unos determinados escenarios de una manera inteligente.

En este estudio buscamos que la demanda de recargas por parte de los usuarios de vehículos eléctricos sea completamente satisfecha de una manera óptima para el sistema. Es decir, que al introducir la demanda de recargas de vehículos eléctricos, la curva de carga sea lo más plana posible. El gestor de recargas decide el momento de la energía necesaria a la flota de vehículos eléctricos sin comprometer los trayectos de los usuarios ni la sostenibilidad del sistema eléctrico.

Este proyecto presenta la gestión de recargas de diferentes escenarios haciendo uso de una optimización por enjambre de partículas (PSO) para la distribución de recargas diarias en una población determinada.

## **1.2. Estructura del Proyecto Fin de Carrera**

El proyecto fin de carrera está estructurado en cinco capítulos. En nuestra memoria, el capítulo 2: *Vehículo Eléctrico y Smart-Grid*, sirve de manera introductoria para definir y explicar la situación del vehículo eléctrico en la actualidad frente al vehículo de combustión interna, distinguir los diferentes tipos de vehículos eléctricos y sus tecnologías, las propiedades de las baterías y los diferentes tipos de recarga. En este mismo capítulo hacemos referencia a la tecnología necesaria para la telegestión de la recarga, las Smart-Grids. A través de ellas se facilita la información necesaria para la gestión inteligente de las recargas. Todo esto nos servirá para establecer las bases necesarias para implementar nuestro algoritmo solucionador del problema.

En el capítulo 3: *Optimización del Particle Swarm*, introducimos la herramienta de cálculo PSO, sus antecedentes y la forma de cálculo utilizada para realizar nuestro caso estudio posterior en los diferentes escenarios.

En el capítulo 4: *Aplicación del PSO para la optimización de la incorporación de VE a la red*, presentamos nuestro caso de estudio para las diferentes estrategias y escenarios planteados. Los resultados completos obtenidos para los estudios se encuentran en los Anexos III, IV, V y VI; para las correspondientes estrategias de: 24 horas, usuarios 90%-10%, usuarios 90%-10% con V2G, V2G en punta y estrategia final.

Por último en el capítulo 5: *Conclusiones*, presentamos las conclusiones finales de nuestro proyecto en base al análisis de los resultados obtenidos.





## Capítulo 2. Vehículo Eléctrico y Smart-Grid

## **2. Vehículo Eléctrico y Smart-Grid**

En este apartado vamos a hacer un acercamiento y una descripción de las nociones necesarias para lo que va a ser nuestro proyecto. Definiremos vehículo eléctrico y Smart-Grid además de toda la tecnología que les rodea, es necesario explicar estos dos conceptos para entender el posterior desarrollo del proyecto.

### **2.1. Introducción al Vehículo Eléctrico**

En 1886 cuando Karl Benz desarrollo el primer vehículo que funcionaba completamente por gasolina empezó una carrera entre marcas y países por imponer la forma de dar propulsión al automóvil, si era el vehículo de combustión interna o el vehículo eléctrico (VE). En la primera guerra mundial donde la velocidad, durabilidad y potencia en el campo de batalla fueron fundamentales, dio como resultado la muerte del VE. Con la mejora del arranque eléctrico para el vehículo de combustión interna seguido de la producción en cadena propició la caída en el desuso del VE.

Pero en 1973 con la crisis del petróleo junto con la creciente concienciación de sostenibilidad en el planeta hizo que los fabricantes buscasen nuevas alternativas al petróleo y mejorar su eficiencia. Fue en 1990 cuando General Motors presentó el Impact precursor del VE en el salón de los Ángeles.

Es en la actualidad cuando los avances tecnológicos, las baterías de litio con mayor autonomía y menores tiempos de recarga, junto con el desarrollo de energías renovables, necesidades de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, el ruido y la contaminación atmosférica crea el clima propicio para el relanzamiento del VE.

El VE se presenta como una alternativa al transporte urbano que trae como consecuencia la disminución de la contaminación en las grandes ciudades. Podemos definir al VE como un vehículo propulsado por un motor eléctrico que puede estar alimentado por baterías, un acumulador u otros dispositivos de acumulación de energía recargables, utilizando como fuente de recarga energía exterior al vehículo.

## 2.2. El vehículo eléctrico frente al de combustión interna

El vehículo eléctrico se impulsa con la fuerza que produce un motor alimentado por electricidad. Un motor eléctrico transforma la energía eléctrica en energía mecánica, la acción se desarrolla introduciendo una corriente en la máquina por medio de una fuente externa, que interacciona con el campo produciendo un movimiento de la máquina. Aparece entonces una fuerza electromotriz inducida que se opone a la corriente y que por ello se denomina fuerza contra electromotriz. En consecuencia el motor necesita una energía eléctrica de entrada para producir la energía mecánica correspondiente [2].

Los motores eléctricos existen en diferentes tamaños según la aplicación a la que se destinen, pueden ir desde impulsar un autobús de línea hasta un coche teledirigido. El motor eléctrico frente al de combustión presenta diferencias significativas; desde un menor tamaño y peso, mayor sencillez técnica, además no contaminan directamente y disminuyen las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, también reducen la contaminación acústica en nuestras ciudades. Los motores eléctricos ofrecen un par constante, por lo que empujan desde muy bajas revoluciones y al ser máquinas reversibles, pueden invertir su funcionamiento para trabajar como generadores de electricidad, por ejemplo, cuando frenamos.

El motor eléctrico tiene mucho mayor rendimiento que los motores de combustión transformando el 75% de la energía eléctrica en energía mecánica mientras que uno de combustión tiene un rendimiento del 20%. De cualquier forma, la mejor manera de comparar su mayor eficiencia energética que tiene frente al motor de combustión es en términos de WTW (Well to Wheel) o eficiencia energética del pozo a la rueda; este término permite calcular y comparar la eficiencia de vehículos con una fuente de energía distinta teniendo en cuenta desde el punto de extracción hasta la última transformación en energía mecánica y consumo; cómo podemos ver en el siguiente gráfico de la figura 2.1. [3].

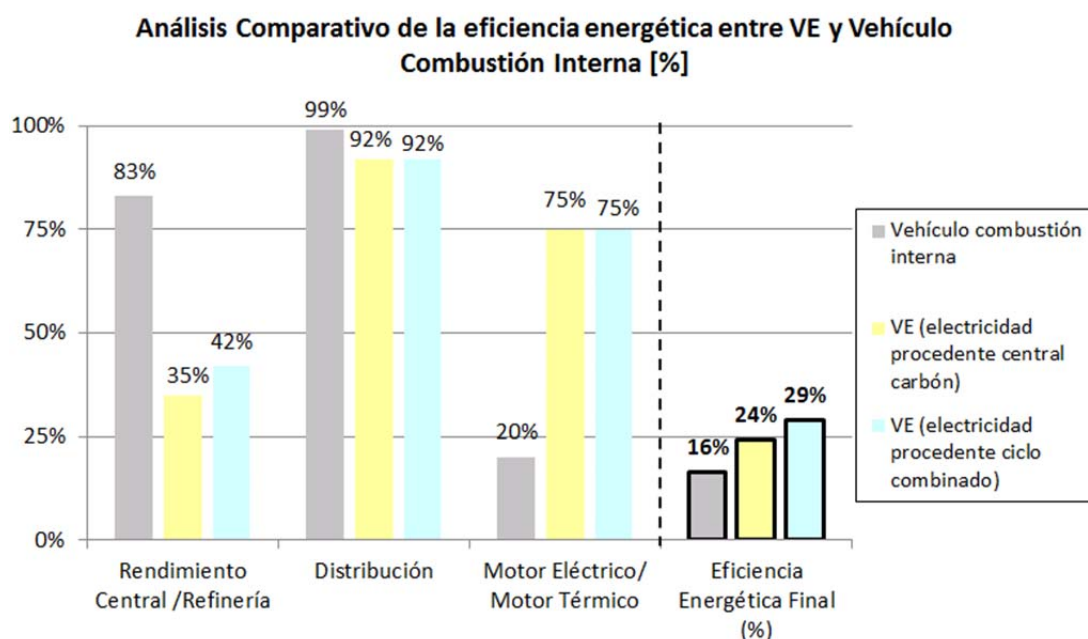


Fig.2. 1: Análisis comparativo de la eficiencia energética entre un VE y un Vehículo Convencional. [3]

La otra gran diferencia entre un vehículo eléctrico y uno convencional es la tecnología de almacenamiento de la energía. El vehículo de combustión almacena la energía en un depósito de combustible mientras que el vehículo eléctrico tiene baterías para acumular la energía eléctrica, como son las baterías de níquel-cadmio (Ni-Cd), níquel-hidruro metálico (Ni-MH) o de iones de litio (Li-ion). En la mayoría de los casos los vehículos eléctricos usan baterías de iones de litio, que son más potentes y eficaces. Al ser sensibles a las temperaturas, las baterías de iones de litio suelen requerir sistemas de refrigeración.

Un vehículo de combustión interna tiene un motor complejo y un depósito muy sencillo; todo lo contrario que un vehículo eléctrico. Ante la complejidad de los motores térmicos actuales (fabricados con miles de piezas) el motor eléctrico es en comparación, increíblemente simple (necesita como máximo aproximadamente, alrededor de unas cien piezas). Además el vehículo eléctrico no posee ningún módulo de transmisión (en el peor de los casos una caja muy sencilla), todo ello conlleva a que las necesidades de mantenimiento se reducen muchísimo en contraposición a los vehículos de gasolina o diésel tradicionales.

Por último, no solo se diferencian en su tecnología sino que tras su uso un motor de combustión necesitará: cambios de aceite, solucionar problemas en el tubo de escape, desgaste en la caja de cambios, cambio de la correa de transmisión, de las bujías, de los filtros...En contraposición el vehículo eléctrico, al no disponer de estos elementos, disminuirá estos servicios de mantenimiento. Además, en los vehículos eléctricos el desgaste de neumáticos y de frenos también es menor, ya que el tipo de conducción es mucho más eficiente. El motor eléctrico requerirá pocas intervenciones importantes y un mantenimiento mínimo.

Por lo tanto se reducen los costes de mantenimiento, el tiempo invertido en el taller y el coste de mano de obra. La empresa Audatex en su estudio “Vehículo y ahorro según motorización” concluye que el coste total de mantenimiento de un vehículo puramente eléctrico es 54% más barato que el de un vehículo convencional [4].

Desde el punto de vista del consumidor todo esto es una clara ventaja, pero en los talleres mecánicos con la introducción del vehículo eléctrico reducirán su actividad. Para ello los talleres deberán adaptarse, por ejemplo adquiriendo la responsabilidad del tratamiento de las baterías una vez finalizada su vida útil. A este respecto, el modelo de negocio de estos talleres está por determinar.

## 2.3. Clasificación de los vehículos eléctricos

Dentro de lo que consideramos vehículos eléctricos por carretera podemos hacer la siguiente clasificación dependiendo del funcionamiento de sus tecnologías en la cadena de tracción. Así pues distinguimos tres grupos principales, que son los vehículos híbridos, vehículos eléctricos de autonomía prolongada y los vehículos puramente eléctricos (VE).

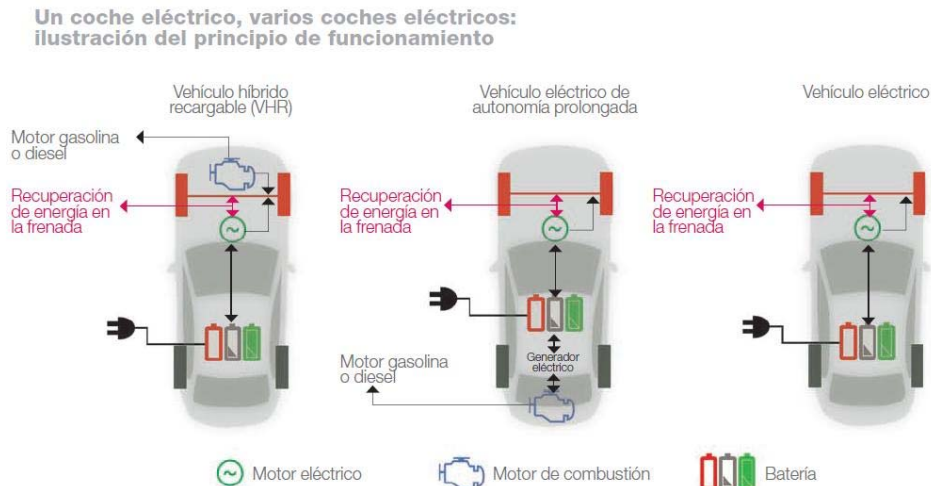


Fig.2. 2: Clasificación de los tipos de VE enchufables por cadena de tracción

### 2.3.1. Vehículos híbridos

Los vehículos híbridos son aquellos cuya propulsión eléctrica puede estar asistida por un motor térmico (gasolina o diésel) por lo tanto necesita un depósito de combustible y un sistema de baterías que almacena electricidad. Además de un sistema mecánico y electrónico que gestione la interacción de los dos motores y las baterías. La carga de las baterías puede ser a través de toma de corriente que son conocidos como “*plug-in hybrid*” o también el sistema puede recoger la energía que se genera al retener o frenar para generar electricidad. De una u otra forma o combinación de ambas la electricidad se acumula en las baterías y sirve para alimentar al motor eléctrico. Dicho motor eléctrico puede servir para mover por si solo el vehículo o servir simplemente como ayuda al de gasolina para reducir sus consumos.

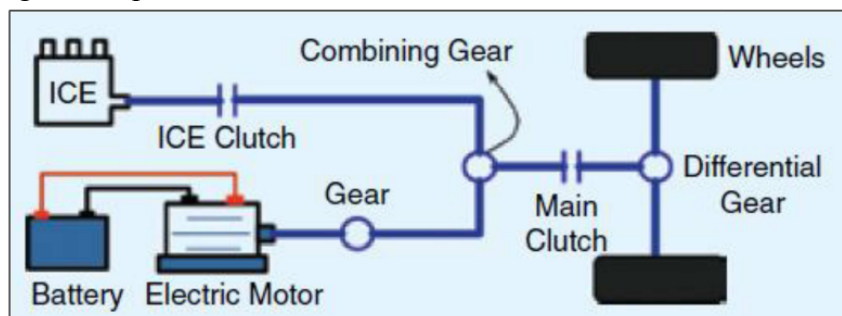


Fig.2. 3: Diagrama funcionamiento Vehículo Híbrido. [5]

Dentro de la denominación de vehículo híbrido el más conocido es el híbrido enchufable este atendiendo al objetivo de nuestro proyecto es el que necesita un sistema inteligente de gestión de recargas. Sin embargo, existen gran variedad de tipos y tecnologías diferentes dentro de los denominados híbridos, que podemos clasificar según los siguientes criterios:

**Criterio 1.** Según sean Enchufables/ No enchufables.

Un ejemplo muy ilustrativo de estos dos modelos son las dos variantes de Toyota Prius PHV y el Prius original.

- a) Híbrido no enchufable. El Prius original tiene un sistema de propulsión híbrido compuesto por un motor de gasolina y otro eléctrico. Las baterías se recargan gracias al primero de ellos mediante un generador eléctrico que en las fases de deceleración del coche convierte la energía cinética en eléctrica para su utilización posterior.
- b) Híbrido enchufable: El Prius PHV tiene el mismo sistema de propulsión al anterior con un motor de gasolina y otro eléctrico; su diferencia radica en la forma en que se recargan las baterías. En este caso es posible conectar el coche a la red eléctrica convencional.

Consecuentemente los vehículos enchufables tienen más autonomía cuando es el motor eléctrico el que actúa en solitario; para este ejemplo el Prius convencional tiene 2 km de autonomía frente a los 20 km de Prius PHV.

**Criterio 2.** Según la Capacidad del motor:

- a) Full hybrid: El coche es capaz de iniciar la marcha y desplazarse actuando únicamente el motor eléctrico.
- b) Motor eléctrico de apoyo: El motor eléctrico reduce el consumo del motor de combustión y por tanto reduce así el precio por kilómetro de la energía. No es capaz de encender ni desplazar por si solo al vehículo.
- c) Intermedia: El motor eléctrico en solitario es capaz de mover el coche cuando ya está en movimiento pero no arranca estando parado.

**Criterio 3.** Híbrido en paralelo / híbrido combinado / híbrido en serie:

- a) Híbrido paralelo: El motor térmico es la principal fuente de energía y el eléctrico solo sirva para apoyarlo en los periodos de aceleración cuando más consume.
- b) Híbrido combinado: El motor eléctrico puede funcionar en solitario.
- c) Híbrido serie: El vehículo es únicamente impulsado por el motor eléctrico, siendo el motor de gasolina también generador de energía pero no está

conectado al sistema de transmisión. Se les conoce como Vehículo Eléctrico de Autonomía prolongada y debido a su diferencia tecnológica en cuanto a la cadena de transmisión se les suele considerar un grupo completamente diferente.

### 2.3.2. Vehículos eléctricos de autonomía prolongada

También se les conoce como “*Range extender*”, están representados por el Chevrolet Volt. Los vehículos de autonomía prolongada (R-EVE) desde el punto de vista de su funcionamiento no se deben considerar ni vehículos híbridos recargables ni tampoco vehículos puramente eléctricos. Se diferencian frente a los híbridos recargables en que solamente el motor eléctrico está conectado al sistema de transmisión, mientras que el motor térmico sirve únicamente para recargar la batería una vez se haya consumido. Por tanto el vehículo eléctrico de autonomía prolongada funciona en modo exclusivamente eléctrico mientras haya carga en las baterías. Si las baterías se agotan, se arranca el motor de combustión que actúa exclusivamente de generador, proporcionando electricidad al motor eléctrico y ampliando la autonomía del vehículo.

El Chevrolet Volt (Opel Ampera en Europa) es el primero en emplear esta solución, que permite una autonomía teórica aproximada de 500 kilómetros, es decir realiza los primeros 90 km exclusivamente haciendo uso de la energía almacenada en las baterías y posteriormente hasta llegar a los 500 km de autonomía hace uso del motor de combustión y del generador. Supera de esta forma a los vehículos puramente eléctricos que tienen una autonomía teórica de 160 km.

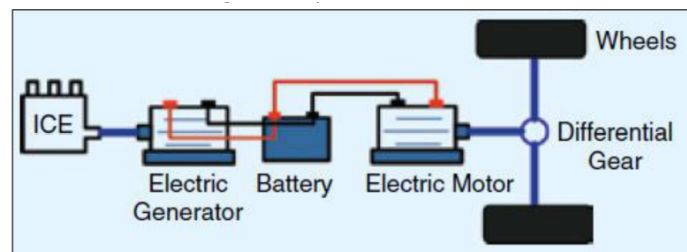


Fig.2. 4: Diagrama funcionamiento Vehículo Eléctrico de Autonomía Prolongada. [5]

#### ¿Por qué un Vehículo Eléctrico de autonomía prolongada?

En la actualidad, los vehículos puramente eléctricos poseen la desventaja de la autonomía del vehículo frente a los de combustión. En cualquier caso el perfil más común de usuarios de vehículos en Europa es aquel que diariamente realiza menos de 100 km, pero también es cierto que puntualmente querrán realizar trayectos más largos. Para paliar esta desventaja en la autonomía, una buena solución es el vehículo eléctrico de autonomía prolongada dado que su comportamiento en distancias cortas es el mismo que el de los vehículos eléctricos y en trayectos más largos puede hacer uso del motor térmico. Claramente es una de las mejores soluciones a esta desventaja, pues otras soluciones alternativas es el ejemplo de BMW en su línea de vehículo eléctrico i3 que a la hora de hacer viajes largos ofrece alquileres económicos de vehículos de combustión para los usuarios del i3. Otra solución es la recarga rápida o la sustitución automática de



las baterías en ruta “*quick drop*” como es el caso de la empresa de movilidad Better Place. Pero para ello se necesitarían altas inversiones de implantación por toda nuestra red de carreteras que hoy en día es inviable. Por tanto el vehículo eléctrico de autonomía prolongada hoy en día es una buena respuesta para aumentar la autonomía del VE incorporando ambas tecnologías en el mismo vehículo.

### 2.3.3. Vehículos eléctricos puros

Los vehículos eléctricos puros son aquellos que tienen como única fuente de energía la electricidad, funcionan con baterías recargables similares a las que ya conocemos para nuestros ordenadores portátiles, nuestros teléfonos inalámbricos entre otros dispositivos. Esta batería sirve para almacenar la electricidad y transmitirla hasta un motor eléctrico que está directamente conectado al sistema de transmisión.

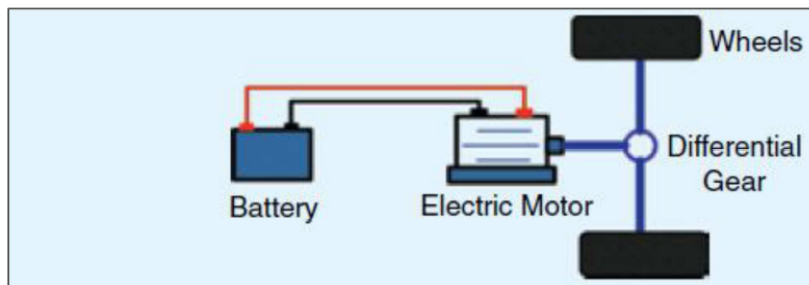


Fig.2. 5: Diagrama funcionamiento Vehículo Eléctrico [5]



## 2.4. Almacenamiento de Energía: Baterías

Hasta el momento hemos estado centrados en lo que es el motor eléctrico y la cadena de transmisión que nos define los diferentes grupos de VE que existen. Común a todos ellos y que los diferencia de los vehículos de combustión interna es que en vez de almacenar la energía en un depósito se hace en baterías. Las baterías para los vehículos eléctricos suelen ser: níquel-cadmio (Ni-Cd), níquel-hidruro metálico (Ni-MH) o iones de litio (Li-ion). De todas ellas las más generalizadas son las baterías de iones de litio debido a su elevado poder energético. Para una aplicación como es esta es de gran importancia la capacidad energética que tenga la batería así como el espacio ocupado y el peso de la misma. Como podemos ver la comparativa de las diferentes tipos de baterías en el gráfico de la figura 2.6.

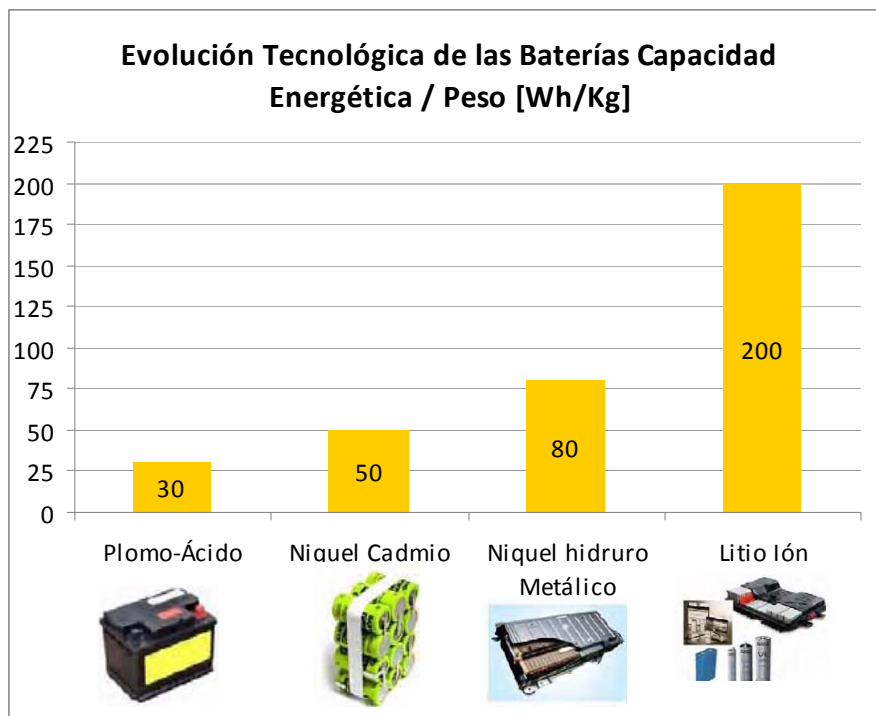


Fig.2. 6: Evolución tecnología de las Baterías. [6]

### 2.4.1. Las baterías de Ión-Lítio

Las baterías de iones de litio o batería Li-Ion, almacenan energía eléctrica utilizando de electrolito sal de litio, que procura los iones necesarios para la reacción electroquímica reversible que tiene lugar entre el cátodo y el ánodo. Aunque son muy popularizadas en la industria electrónica de gran consumo como son en: teléfonos móviles, agendas electrónicas, ordenadores portátiles y lectores de música; sus propiedades las hacen muy aptas para ser utilizadas en los vehículos eléctricos. Como ya hemos visto tienen una elevada densidad de energía es decir que acumulan mucha mayor carga por unidad de peso y volumen. Pero también debemos destacar la gran ligereza de sus componentes, sufrir poco efecto memoria y alta resistencia a la descarga además funcionan un elevado número de ciclos de regeneración sin perder capacidad.

Batería	Pb-Ácido	NiMH	Ion-litio
Voltaje (V)	2	1,2	3,8
Energía (Wh/Kg)	10-40	60-80	80-170
Energía (Wh/l)	50-100	250	170-450
Nº Ciclos	400-800	300-600	500-3000
Coste (\$/kWh)	100-125	220-400	250-800
Impacto Ambiental	Alto	Bajo	Moderado-Bajo

Fig.2. 7: Comparación prestaciones de baterías plomo ácido, níquel hidruro metálico y ion-litio [7]

En cuanto a la durabilidad o vida útil se mide en ciclos de vida: que indica el número de ciclos de carga y descarga que se pueden llevar a cabo hasta que la capacidad de la batería sea un 80% de su valor nominal. Las baterías de Iones de litio en la actualidad poseen un número de ciclos de carga y descarga en un rango entre 500 y 3000 ciclos [7].

Como ventaja adicional, las baterías de iones de litio tienen una baja tasa de autodescarga, que es la cantidad de energía inicialmente está almacenada pero que se disipa a lo largo del tiempo aunque no esté el VE en uso. En comparación con las baterías de NiCd y NiMH, la tasa de autodescarga para las baterías de iones de litio es menos de la mitad.

Aunque las propiedades de las baterías de ion-litio son muy esperanzadoras para el desarrollo del vehículo eléctrico también posee ciertas desventajas:

- ✖ Son sensibles a elevadas temperaturas donde pierden cualidades, y en condiciones extremas pueden inflamarse. Por tanto requieren dispositivos de seguridad adicionales (circuitos electrónicos que controlen en todo momento su temperatura), lo que aumenta su coste.
- ✖ Se degradan cuando se producen sobrecargas o sobredescargas, presentan problemas con descargas por debajo de 2V.
- ✖ Son costosas: su fabricación es más costosa que las de Ni-Cd e igual que las de Ni-MH, por otro lado debido a su gran penetración en el mercado el precio baja rápidamente.
- ✖ Peor capacidad de trabajo en frío: ofrecen un rendimiento inferior a bajas temperaturas en comparación con las baterías de Ni-Cd o Ni-MH.

Existen en el mercado distintas baterías de litio, dependiendo de la combinación de materiales que se empleen en el cátodo y ánodo.

Química Ánodo/Cátodo	Voltaje Célula Max./nom.	Ah/gm Ánodo/Cátodo	Densidad de Energía Wh/kg	Ciclos de Vida	Estabilidad temperatura
Grafito/ NiCoMnO <sub>2</sub>	4,2/3,6	0,36/0,18	100-170	2000-3000	bastante estable
Grafito/ Mn espinel	4,0/3,6	0,36/0,11	100-120	1000	bastante estable
Grafito/ NiCoAlO <sub>2</sub>	4,2/3,6	0,36/0,18	100-150	2000-3000	menos estable
Grafito/Hierro Fosfato	3,65/3,25	0,36/0,16	90-115	>3000	estable
Titanio de Litio/Mn espinel	2,8/2,4	0,18/0,11	60-75	>3000	más estable

Fig.2. 8: Tipos de baterías [8]

## 2.4.2. Durabilidad-Vida Útil

Las baterías tienen una vida útil determinada y el reemplazo por otras nuevas es muy caro. Como ya hemos visto la durabilidad de una batería se expresa en número de ciclos de carga/descarga efectuados antes de que la capacidad de la célula caiga por debajo del 80% de su valor nominal. Una vez tenemos este dato podemos hacer la equivalencia a años definiendo un uso diario determinado.

Hoy en día, las mejores baterías de ion litio del mercado pueden llegar a hacer entre 2.000 y 3.000 ciclos de carga/descarga antes de tener que ser sustituidas. Para un vehículo que realiza entre 15 y 75 km diarios y se tiene que cargar/descargar una vez al día, equivale a una vida útil de entre 5 y 8 años, o lo que es lo mismo llega a realizar entre 200.000 y 300.000 km. En contraposición un vehículo que realizase al día 100 km que tuviese que recargar cada 50 km, realizando 2 ciclos de carga/descarga diarios, su vida útil se reduciría a la mitad a lo sumo 4 años.

El precio de la batería representa en torno al 65% del precio del vehículo, la inversión económica necesaria es muy elevada, este hecho junto con la durabilidad de las baterías es uno de los motivos que ralentiza la inserción del vehículo eléctrico. Algunas compañías automovilísticas ofrecen actualmente una garantía sobre las baterías de tracción. Por ejemplo, las baterías del Chevrolet Volt están garantizadas por 8 años y/o 160.000 km, como indican en su página web [9]. Además muchos fabricantes han optado por vender las baterías mediante leasing y las sustituyen una vez llegan al final de su vida útil; de esta forma la antigua batería es reciclada y renovada para que vuelva a ser utilizada posteriormente.

Otro factor que afecta a la vida útil de la batería es el efecto memoria. El efecto memoria es una desviación del voltaje que puede limitar el uso de la batería e impedir una medida correcta de su capacidad y consecuentemente una pérdida de potencia, descargándose la batería sin ofrecer el voltaje requerido y desaprovechando su capacidad. Se produce cuando los ciclos de carga y descarga son repetitivos y de corta duración. El efecto memoria en las baterías de ion litio es poco marcado en

comparación con las de níquel y níquel-cadmio y afecta especialmente a vehículos híbridos y aquellos coches con freno regenerativo, sometidos a continuos ciclos de cargas y descargas.

A la hora de gestionar las cargas y descargas habrá que tener todo esto en cuenta, tal que no se realicen ciclos de carga/descarga incompletos, periódicos y cortos en el tiempo. Por ejemplo las baterías no deben de cargarse durante media hora para devolver al sistema esa media hora de carga en un momento de pico de demanda y posteriormente volver a cargar y descargar repetidamente, dado que afectaría a su vida útil.

Los fabricantes en cualquiera caso aconsejan, para alargar la vida de las baterías, que tras realizarse un alto número de ciclos incompletos se realice una calibración completa de la batería para que el efecto memoria desaparezca. Además otros cuidados que alargan la vida útil de las baterías de ion litio son:

- Evitar que permanezcan a excesivas temperaturas y preferiblemente que permanezcan en torno a 15 °C.
- Si el coche va a permanecer durante largo tiempo en reposo, se recomienda dejarlo con una carga intermedia (40%). Asimismo, se debe evitar mantener las baterías con carga completa durante largos períodos.
- El mito de que la primera carga es decisiva es heredado de las baterías de Níquel. La primera carga de una batería de Li-Ion es igual que las consecutivas.
- Utilizar cargador específico para la tecnología.
- En cuanto a su logística, se deben almacenar con protecciones ignífugas.
- El motor debe estar apagado durante la carga.

### 2.4.3. Autonomía de las baterías

Ya hemos visto anteriormente como las baterías de iones de litio poseen muchas ventajas frente a otras baterías aplicadas al almacenamiento de energía eléctrica en los VE. Pero aún no hemos visto cómo se comportan dichas baterías en uso, es decir cómo se comportan aplicadas al VE y comparadas con el vehículo de combustión interna. Como podemos ver en la figura 2.9, la cantidad de energía que se puede almacenar en una batería de tamaño razonable es bastante inferior que la contenida en un depósito de gasolina o gasoil del mismo tamaño.

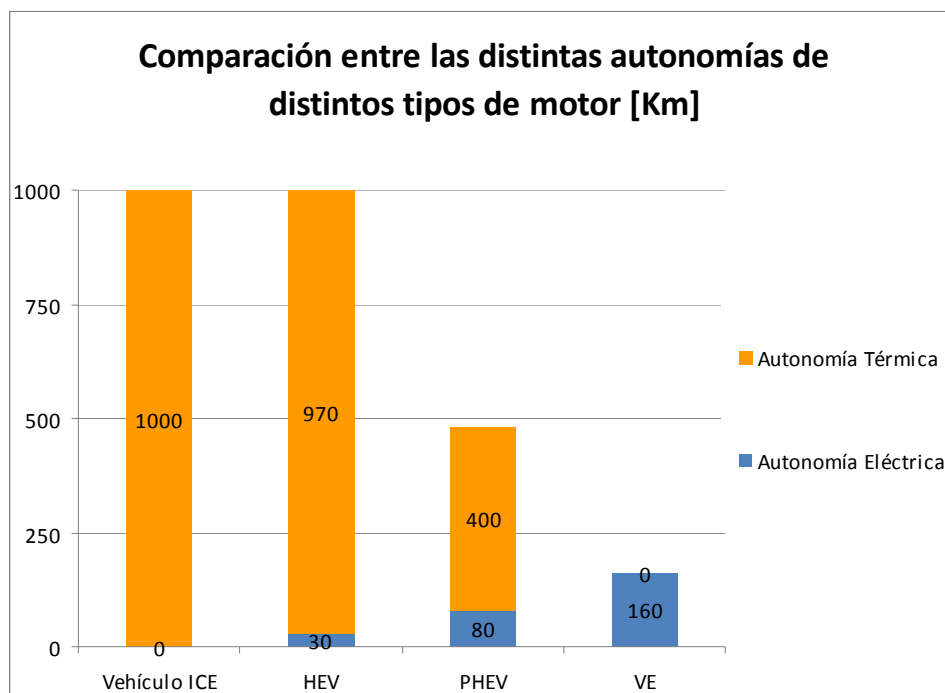
Energía Almacenada Comparativa		
Modo Salida	Energía Específica [Wh/kg]	Energía Embarcada [Wh/l]
Gasolina	13000	9800
Gasoil	11900	10000
Baterías Ion-Litio	100-200	150-250

Fig.2. 9: Comparativa de la Energía almacenada.

Debemos de tener en cuenta como ya hemos visto que no toda la energía almacenada se transforma posteriormente en energía mecánica y la eficiencia de uno y otro vehículo tiene su importancia. Recordando que un vehículo de combustión interna tienen una eficiencia de entorno al 20% y el motor para un vehículo eléctrico el 75% [3]. Así pues,

un litro de gasolina permite que un coche convencional se desplace entre 15 y 25 km. mientras que un kilogramo cargado de las mejores baterías de iones de litio actuales, permiten una autonomía de tan solo 0.4 km.

De tal forma podemos ver como la autonomía de un vehículo eléctrico completamente cargado es por tanto mucho menor que la de un vehículo de combustión con el depósito completamente lleno tal y como muestra el gráfico de la figura 2.10, en el que podemos ver la autonomía relativa tanto eléctrica como térmica para las diferentes tecnologías.



**Fig.2. 10: Comparación Autonomía media de los vehículos según el tipo de motor cifras normalizadas NEDC según fabricantes.**

Cabe destacar que las cifras se calculan en ciclos normalizados (como el New European Driving Cycle o NEDC en Europa, que es un perfil de trayecto que permite estandarizar la homologación de vehículos), pero esta homologación deja fuera de la ecuación muchos términos que hace disminuir los valores de autonomía en muchos casos, como puede ser el estilo de conducción del usuario, una conducción deportiva reduce estos niveles de autonomía en situaciones reales. Otro factor es que en los vehículos térmicos, la energía necesaria en la calefacción puede provenir de una simple recuperación de la combustión del carburante, mientras que en los VE puro la calefacción es consumida directamente de las baterías reduciendo la autonomía del VE entre un 20 y un 25% en este caso.

Por lo tanto en condiciones normales de funcionamiento la autonomía de un vehículo eléctrico puede descender a los 80-110 km. Ahora nos debemos plantear si la autonomía del VE es lo suficientemente amplia para los posibles usuarios.

En la media Europea el 82% de los conductores habituales recorre menos de 100 km un día normal entre semana, mientras que el 45% recorre a diario menos de 30 km. Son además destacables los casos para España y Dinamarca en los que el 75% de los

usuarios habituales de coches recorre menos de 50 km diarios. Los datos de kilometraje medio para 10 países de la Unión Europea los presentamos a continuación en la figura 2.11 [10].

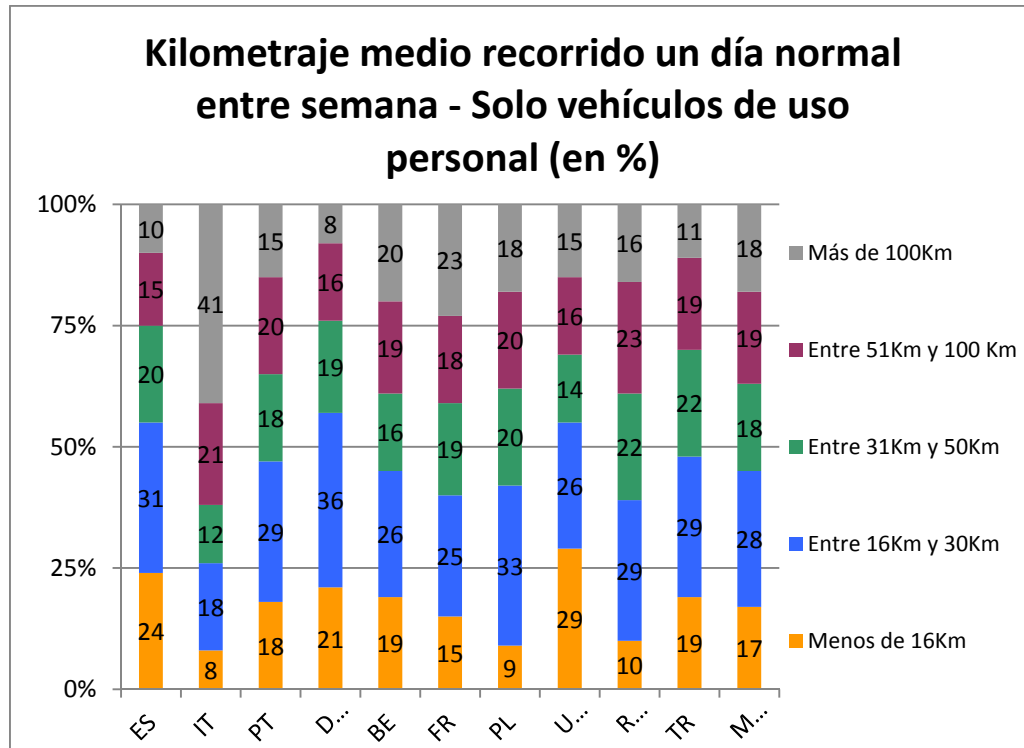


Fig.2. 11: Kilometraje recorrido un día tipo entre semana vehículos uso personal [10]

Otros estudios como el de Roland Berger también hace referencia a unas cifras similares en Estados Unidos, donde recoge que el 50% de los americanos realizan 25 millas (40 km) o menos al día, mientras que el 80% realiza un máximo de 50 millas (80 km.) al día [11].

En base a los datos de utilización de los vehículos en Europa, el VE es una opción viable para la mayoría de los usuarios particulares en sus trayectos diarios. Si consideramos la autonomía de un vehículo eléctrico puede verse disminuido de los 160 km a los 110 km en condiciones reales, para el caso de España, el vehículo eléctrico satisface más de dos veces la demanda de autonomía diaria necesaria para el 75% de los conductores de vehículos de uso personal, siempre y cuando un sistema de gestión inteligente de recargas permita que el total de usuarios encuentre su VE recargado al 100% cada mañana [10].



## 2.5. Tecnologías de recarga del VE

En el caso de cualquier vehículo eléctrico enchufable en lugar de repostar combustible en una gasolinera, este se conecta a la red para recargar sus baterías. Uno de los principales retos del vehículo eléctrico es crear una infraestructura de recarga fiable, accesible y cómoda para el ciudadano. La recarga del vehículo eléctrico se puede clasificar según su ubicación y uso, así podemos diferenciar entre:

- Puntos de recarga públicos
  - Vías públicas
  - Garajes privados (parking público, centros comerciales)
  - Estaciones de servicio de recargas
- Puntos de recarga privados
  - Garajes de particulares
  - Garajes para flotas

El ejemplo más accesible que tiene el usuario de VE es la recarga en su garaje particular con una toma convencional o específica para la recarga del VE.

En relación a la infraestructura de recargas en puntos públicos debemos decir que en noviembre de 2010 había instalados en toda España únicamente 216 puntos de recarga en 83 localizaciones de 37 ciudades. En Mayo de 2014 únicamente Cataluña ya alcanza esa cantidad de puntos de recarga. Según el proyecto IDEAE-Movele en la actualidad hay 761 puntos de recarga de uso público, 615 para turismos y comerciales (611 de carga normal y 4 de carga rápida) y 136 exclusivos para motos. Además esta iniciativa tiene localizados todos estos puntos en su página Web de IDEA-Movele y google.maps. También existen otros entornos desarrollados por los propios usuarios para la localización de estos puntos de recarga así como aplicaciones de navegación hasta los mismos [12].



Fig.2. 12: Localización de los Puntos de Recarga España y Portugal [12]

En la figura 2.12, podemos destacar que esta implantación depende muchas veces de las administraciones públicas. De la forma en la que está organizado nuestro país, en organismos regionales autonómicos en vez de crear sinergias a nivel nacional, crea desigualdades entre los usuarios del VE según en la ciudad en la que vivan. A modo de ejemplo destacar que siendo Valencia la tercera ciudad más poblada de España está lejos de ser la tercera con más puntos públicos de recarga (30 puntos). En cualquier caso destacar también que tanto los números de puntos públicos de recarga de Madrid (113 puntos) o Barcelona (187puntos) están muy lejos de Lisboa (309puntos) capital de nuestro vecino más cercano.

Del desarrollo de toda una infraestructura de recarga dependerá la mayor o menor implantación del vehículo eléctrico ya que la accesibilidad a la recarga es un punto limitante a la hora de decidirse por adquirir un vehículo eléctrico. Alejandro Sánchez presidente de AVVE (Asociación Valenciana del Vehículo Eléctrico) denunciaba en una entrevista concedida al diario El Mundo en Julio de 2013 *“La infraestructura en Valencia es muy poca por no decir inexistente, es necesario que desde los ayuntamientos pongan en marcha una mínima red de puntos de carga”*.

También destacar que la popularización de los vehículos eléctricos en nuestro país puede verse favorecida por las Administraciones Públicas mediante otras medidas como son: ventajas en la tarificación eléctrica, zonas de aparcamiento exclusivas, acceso libre a carriles Bus VAO, así como reducción del impuesto de matriculación o la carga gratuita en puntos públicos.

Existe otra alternativa que es la sustitución de las baterías en ruta o *“quick drops”*. Siguiendo el ejemplo del coche convencional que acude a una gasolinera a rellenar el depósito, un vehículo eléctrico acudiría a un centro especializado a cambiar su batería. El tiempo de operación de sustitución es menor que el de recarga completa del VE, pero esta solución requiere fuertes inversiones.

### **2.5.1. Duración y Tipos de Recarga**

La duración de la recarga viene determinada por la infraestructura utilizada para dicha recarga. Un vehículo eléctrico puede recargarse en diferentes tipos de tomas de corrientes reguladas. En Europa es posible recargarlo en tomas de corriente hasta 230 voltios y 16 o 32 amperios. El tiempo de recarga depende de la potencia de suministro que tenga la toma de corriente. En una toma de corriente doméstica no específica, harán falta entre 7 y 11 horas para pasar del 0% al 100% de carga para una batería de 24 kWh. Este tipo de recarga está prohibido en Estados Unidos en la actualidad.

Los distintos tipos de recarga que pueden ser implementados en nuestras ciudades son:

- A. Recarga Convencional Enchufe específico a domicilio.
- B. Recarga Semi-rápida.
- C. Recarga Rápida.



### **A. Recarga Convencional, enchufe específico a domicilio**

La recarga convencional en conexión monofásica, utilizada en los hogares para aparatos eléctricos de consumo, emplea la intensidad y voltaje eléctrico del mismo nivel que la propia vivienda, es decir hasta 16 amperios y 230 voltios. Esto implica que la potencia eléctrica que puede entregar el punto para este tipo de recargas es de aproximadamente 3.7 kWh.

Con este nivel de potencia, el proceso de recarga completa para un coche con una batería de 24 kWh estaría en torno a las 7 horas. Esta solución es adecuada, fundamentalmente, para recargar el vehículo eléctrico en lugares donde el usuario va a permanecer durante largos periodos de tiempo por ejemplo durante la noche en un garaje particular o un garaje comunitario, así también podría realizarse durante la jornada laboral del usuario si este tuviese acceso a un punto de recarga en su lugar de trabajo.

Por otro lado buscando la eficiencia del sistema eléctrico y la optimización del mismo, la mayoría de recargas de VE se deberían realizar durante el período nocturno cuando se produce la menor demanda energética.

Al no ser el tiempo de recarga comparable con el tiempo de repostaje de gasolina crea una necesidad de previsión y gestión de la recarga. En la actualidad, esta previsión tiene que realizarla el usuario del vehículo, generando un efecto de “Range Anxiety” que de acuerdo con el Diccionario Oxford es “la preocupación por parte de una persona que conduce un coche eléctrico a que la batería se quede sin energía antes de alcanzar el destino o un punto de recarga adecuado” [13].

De forma generalizada, no existe actualmente comunicación VE-infraestructura y por tanto no se realiza ningún control de cuando empezar o parar la recarga simplemente ocurre al conectar o desconectar el vehículo. Además el comportamiento del usuario debido a este efecto de “Range Anxiety” conectará el vehículo nada más llegar al hogar justo coincidiendo con las tradicionales horas punta de demanda eléctrica [11].

Lo que buscaremos en nuestro proyecto es demostrar que este miedo en el consumidor es infundado, puesto que aun haciendo uso de la recarga convencional en el domicilio por la noche, o bien en su lugar de trabajo durante la jornada laboral, sería suficiente para satisfacer sus necesidades diarias, incluso el usuario podría dar energía a la red (V2G), siempre y cuando se gestione dichas recargas mediante una red inteligente que satisfaga por un lado las necesidades del usuario y optimice la curva de demanda del sistema eléctrico.

### **B. Recarga Semi-rápida (32 amperios)**

La recarga semi-rápida puede emplear desde 32 amperios de intensidad y 230 voltios. Esto implica que la potencia eléctrica que puede entregar el punto para este tipo de recargas es de 7.4 kW. Con este punto de entrega de potencia un vehículo con una batería con capacidad para 24 kWh mediante recarga semi-rápida permitirá realizar una recarga completa en tres horas y media aproximadamente. También puede recargarse hasta 400 V y 32 A con 22 kW si se dispone de red de distribución trifásica, que

recargaría el coche en aproximadamente 1 hora. La principal ventaja es que se reduce el tiempo frente a la recarga convencional, y no somete a las baterías a tan altas temperaturas como la recarga rápida a partir de 50 kW, por tanto cuida en mayor medida su vida útil.

Para implantar generalizadamente el modelo de recarga semi-rápida como rápida se necesita ampliar la potencia instalada y adaptar las protecciones y conexiones como veremos a continuación.

### **C. Recarga Rápida**

La recarga rápida supone que entre 15 y 30 minutos se recargan las baterías entre un 65% y un 80%, sin posibilidad de superar estos niveles de carga aunque permanezca más tiempo conectado. Con la recarga rápida no se consigue recargar la batería del VE hasta el máximo de su capacidad de almacenamiento, es decir mediante recarga rápida se recarga como máximo 20 kWh de una batería con una capacidad de 24 kWh.

La recarga rápida emplea una mayor intensidad eléctrica hasta 200 A y 400 V, además, entrega la energía en corriente continua, obteniéndose una potencia de salida del orden de 80 kW.

Esta solución es la que, desde el punto de vista del cliente, se asemeja a sus hábitos actuales de repostaje con un vehículo de combustión, es decir podía ser introducido bajo la misma concepción sin cambiar el modelo de consumo actual de los usuarios de vehículo de combustión. Los usuarios acudirían a un punto de recarga rápida del mismo modo que se acude en la actualidad a una gasolinera.

Actualmente en nuestro país hay pocas instalaciones disponibles de este tipo, principalmente debido a la exigencia eléctrica. Un punto de recarga de este tipo requiere la misma potencia que un edificio de 15 viviendas. Si se impusiese este modelo frente a la recarga convencional, habría que adecuar la red eléctrica existente.

En nuestro proyecto defendemos que con la actual generación y red eléctrica, podemos satisfacer grandes demandas de energía haciendo uso de una recarga convencional gestionada por un red inteligente, consiguiendo mayor eficiencia sin sobredimensionar la red actual.

Con un cálculo aproximado sencillo podemos explicar este hecho. Suponiendo que para recargar en 15 minutos un VE con una batería de 24 kWh, necesitamos entregar una potencia de 100 kW (conector CCS o ChadeMo) y si en el mismo instante de recarga coincidiese el 1% de la flota actual de vehículos en España 31.203.203 [14] haciendo una recarga rápida, supondría una demanda simultánea de 30.000 MW de potencia. Comparando este valor con el máximo histórico de potencia instantánea demanda 45.000 MW y con la potencia instalada en España 102.000 MW, la recarga rápida a gran escala y desde el punto de vista del abastecimiento eléctrico nos generaría problemas en el abastecimiento del sistema.

Así pues, la recarga rápida al menos de manera exclusiva no es una solución adecuada para el sistema eléctrico español, aunque podría plantearse como una combinación junto

con la recarga convencional. La recarga rápida en un primer momento serviría para dar confianza al conductor frente a quedarse parado, realizaría una función psicológica, haciendo que el cambio de paradigma no sea demasiado traumático para los conductores.

Esta tecnología está siendo estudiada por muchas empresas destacable es el ejemplo de la asociación ChadeMO compuesta principalmente por los fabricantes japoneses y tienen hoy en día cerca de 2000 puntos de recarga rápida exclusivamente en Japón.

De cualquier modo, para recarga rápida, existen serias dudas sobre el envejecimiento prematuro y el comportamiento futuro de las baterías en el caso de utilizar la recarga rápida habitualmente como método exclusivo de recarga [14].

Finalmente, representamos en la figura 2.13 el tiempo de recarga aproximado para un VE de 0% al 100% de su batería según los distintos tipos de tomas de corriente suponiendo una batería de capacidad 24 kWh.

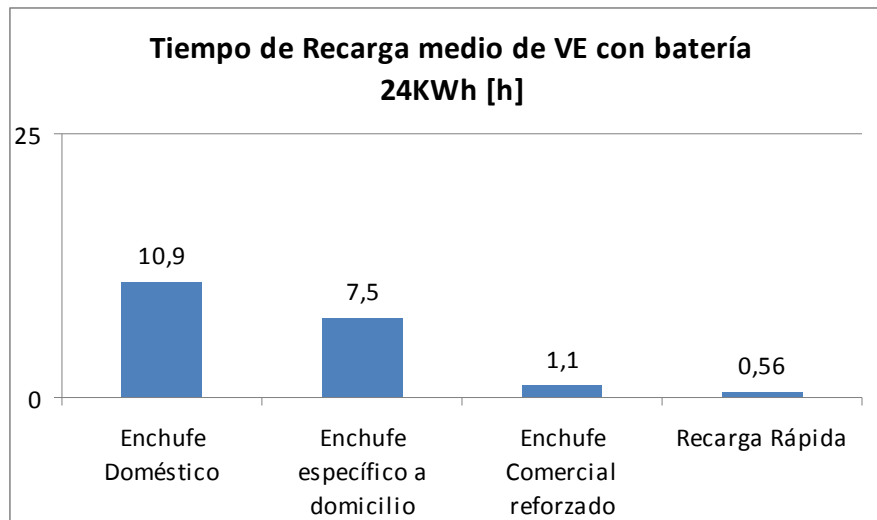


Fig.2. 13: Tiempo necesario para una recarga al 100% según el tipo de toma de corriente (hipótesis: batería de 24 kWh). [10]

## 2.5.2. Modos de Recarga

La norma UNE-EN 61851: Sistema conductivo de recarga para vehículos eléctricos, define los tipos y requisitos de modelos de recarga que emplearán los vehículos eléctricos en España. Los modos de recarga tienen que ver con el nivel de comunicación entre el vehículo eléctrico y la infraestructura de recarga, y con el control que se puede tener del proceso de recarga y así programarla, conocer su estado, pararla, reanudarla, o incluso volcar electricidad a la red.

### MODO 1

Infraestructura de recarga en toma tipo Schuko (toma doméstica) sin comunicaciones entre infraestructura de recarga y vehículo eléctrico. Empleo de una toma de corriente normalizada pero no exclusiva para vehículos eléctricos Conexión del VE a la red de corriente alterna con una intensidad máxima permitida de hasta 16 A. Se considera un modo de recarga a nivel privado; aunque en algunos países, como EE.UU, está prohibido.

### MODO 2

Base de toma de corriente estándar de uso no exclusivo con protección incluida en el cable. Puede seguir siendo una infraestructura de recarga en toma tipo Schuko en pared, con sistemas de función piloto de control (VE-clavija) incluidos en el cable. La Intensidad máxima de recarga permite hasta 32A.

### MODO 3

Toma de corriente especial de uso exclusivo para recarga del vehículo eléctrico. Los dispositivos de control y protecciones se encuentran dentro del propio punto de recarga, y el cable incluye hilo piloto de comunicación integrado. La infraestructura de recarga puede ser conectores SAE J1772, Mennekes, Combinado o Scame. La estación de recarga posee sistema de alimentación específico para vehículos eléctricos (SAVE), permite la comunicación “inteligente” entre el vehículo y el operador del sistema eléctrico. La intensidad máxima de recarga permitida de hasta 32 A, con posible ampliación a 64 A.

### MODO 4

Infraestructura de recarga con convertidor a corriente continua. El vehículo eléctrico se conecta a la red de Baja Tensión a través de un SAVE dedicado. Dentro de la estación de recarga se realiza la conversión de corriente alterna a corriente continua. Las funciones de control y protección están en el lado de la instalación fija Este modelo está pensado para la recarga rápida, con intensidades de corriente de hasta 400 A. La infraestructura de recarga es tipo ChadeMo o CCS.

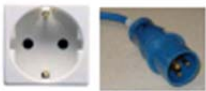



Modos de Recarga (IEC-61851-1)					
Modo Salida	Conector Especifico para VE	Tipo Recarga	Corriente Max	Protección	Características Especiales
<b>Modo1</b> 	No	Lenta en CA	Max 16A por Fase (3,7kW-11kW)	Instalación requiere protección diferencial y Magnetotérmica	Conexión del VE en la red de CA utilizando tomas de corriente normalizadas
<b>Modo2</b> 	No	Lenta en CA	Max 32A por Fase (3,7kW-22kW)	Instalación requiere protección diferencial y Magnetotérmica	Cable especial con dispositivo electrónico intermedio con función de piloto de control y protecciones
<b>Modo3</b> 	Si	Lenta o semi-rápida Monofásica o Trifásica	Según conector Max 64A por Fase (14,8kW-43kW)	Incluidas en infraestructura especial para VE	Conexión del VE a la red de alimentación de CA utilizando un equipo específica (SAVE)
<b>Modo4</b> 	Si	En CC	Según cargador Hasta 400 <sup>a</sup> (50kW-150kW)	Incluidas en la infraestructura	Conexión del VE utilizando cargador externo fijo

Fig.2. 14: Tabla Modos de Recarga [15]

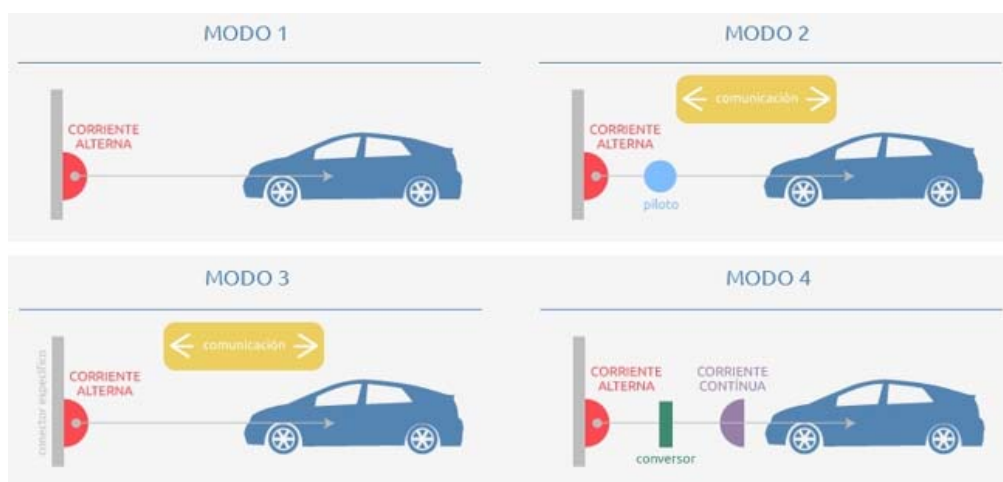


Fig.2. 15: Esquema de modos de Recarga.

### 2.5.3. Tipos de Conectores

El tipo de conector es la toma de corriente para la recarga del vehículo eléctrico. Existen marcas y modelos que presentan distintas configuraciones y número de entradas. Por tanto los conectores no están estandarizados a nivel mundial, existiendo conectores con distintos tamaños, número de pines, propiedades...según el país de origen de los fabricantes.





Tipos de Conectores						
	Tipo de Conector	Nº de pins	Tensión Max	Corriente Max	Normativa	Características Especiales
C.A.	 1	5 (L1,L2/N, PE, CP, CS)	250V <sub>c.a.</sub> Monofásica	32A Monofásica (hasta 7,2KW)	IEC 62196-2	Regulación SAE J1772
	 2	7 (L1,L2, L3, N, PE, CP, PP)	500V <sub>c.a.</sub> Trifásica 250V <sub>c.a.</sub> Monofásica	63A trifásica (hasta 43kW) 70A monofásica	IEC 62196-2	Un solo tipo para recarga monofásica o trifásica
	 3	4,5 o 7 según modelo (L1,L2, L3, N, PE, CP, PP)	500V <sub>c.a.</sub> Trifásica 250V <sub>c.a.</sub> Monofásica	16/32A monofásica (hasta 22kW) 32A trifásica	IEC 62196-2	Tipos diferentes según nivel de potencia
C.C.	 4	9 (2Potencia, 7 de señal)	500V <sub>c.c.</sub>	120A <sub>c.c.</sub>	IEC 62196-1 UL 2551	Recarga rápida en CC Conforme JVES G105 Tipo ChadeMo

Fig.2. 16: Tipos de conectores y sus características para la recarga de VE [15]



Fig.2. 17: Tipo de Conector Schuko



Fig.2. 18: Tipo de conector 1 SAE J1772 Yazaki



Fig.2. 19: Tipo de conector 2 Mennekes



Fig.2. 20: Tipo de conector 3 Scame



**Fig.2. 21: Tipo de conector 4 ChadeMO**



**Fig.2. 22: Tipo de conector Combinado CCS**



## 2.6. Smart-Grids

### 2.6.1. Introducción a la Smart-Grid

Bajo las tecnologías actuales el manejo de la energía eléctrica tiene la característica de que no se puede almacenar en grandes cantidades. Por lo tanto la producción de energía debe de ajustarse a la demanda tal que se mantenga un equilibrio constante preciso e instantáneo. Así pues, el operador del sistema junto con las compañías eléctricas deben de prever la futura demanda, dirigiendo en tiempo real a las instalaciones de generación y transporte de tal forma que la producción coincida en todo momento con la demanda de los consumidores. Hasta hace algunos años, el sistema eléctrico estaba compuesto de grandes productores como centrales nucleares, térmicas, hidroeléctricas, ciclo combinado... las cuales se unían mediante la red de alta tensión, llegando a los consumidores por media tensión y a su vez baja tensión. Todo ello pasando por subestaciones y centros de transformación correspondientes.

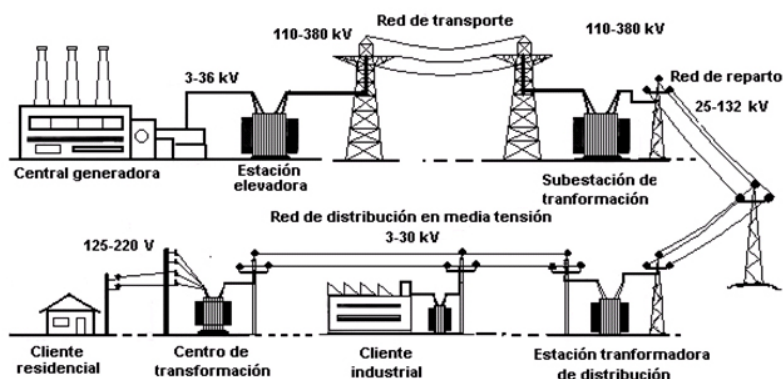


Fig.2. 23: Red Eléctrica tradicional

Bajo estas condiciones y configuración de la red eléctrica, la realización de las tareas de monitorización y gestión era más sencilla. Pero con el desarrollo de las energías renovables y la evolución de las tecnologías de la información junto con nuevos retos en el ahorro energético así como no depender de terceros países en el sector energético, ha generado la necesidad de replantear el sistema hacia las redes eléctricas inteligentes.

El aumento de los puntos de generación que hoy en día son mucho más numerosos y de menor potencia instalada, como pueden ser las granjas eólicas, solares, mini-hidráulicas o centrales de biomasa entre otras, genera incertidumbre en las compañías distribuidoras porque les resulta más difícil controlar la generación, el volumen y el momento en el que se inyecta energía a la red. Otro factor a tener en cuenta es la posibilidad de que ciertos puntos sean bidireccionales, es decir lo que antes era un simple consumidor ahora también puede ser productor. Así pues surge la necesidad de información sobre la red eléctrica y su gestión inteligente, es decir la integración de las redes inteligentes o Smart-Grids.



Una Smart-Grid sirve para dar una solución a un escenario mucho más complejo del que gestionaba la red tradicional, tal que se realice de manera eficiente y efectiva la gestión de este nuevo escenario con la necesidad de implantar redes de comunicación en todos los puntos de la red y sistemas informáticos que gestionen dicha información.

Bajo este nuevo sistema las posibilidades para el vehículo eléctrico son destacables. Mediante una Smart-Grid el VE y la red estarán interconectadas pudiendo la propia red planificar las recargas tal que satisfaga las necesidades del usuario del VE mientras que el consumo se hace más estable y predecible. También otra posibilidad es la realización de V2G que es la cesión de energía del vehículo a la red, de tal forma que se usa las baterías del coche como una reserva temporal que podría suavizar los picos de la curva de demanda eléctrica siempre y cuando no afecte a las necesidades del usuario del VE. Como bien hemos dicho antes uno de las características más limitantes de la red tradicional, es el no existir grandes capacidades de almacenaje, esta limitación dejaría de existir con una alta introducción del VE combinada con la implantación de redes inteligentes.

## 2.6.2. Definición de Smart-Grid

Según Red Eléctrica de España “una red inteligente es aquella que puede integrar de forma eficiente el comportamiento y las acciones de todos los usuarios conectados a ella, de tal forma que se asegure un sistema energético sostenible y eficiente, con bajas pérdidas y altos niveles de calidad y seguridad de suministro” [16]. Además REE también asocia a las Smart-Grids algunas características fundamentales que debe poseer para ser así considerada y son:

- Ser flexible y adaptable a las necesidades cambiantes del sistema; Bidireccional;
- Inteligente y segura, capaz de operar con seguridad y simplicidad, disponiendo de la información necesaria en tiempo real.
- Ser eficiente, permitiendo satisfacer las necesidades energéticas, minimizando las necesidades de nuevas infraestructuras.
- Permita integrar de forma segura las energías renovables, facilitando el desarrollo de los mercados eléctricos, creando nuevas oportunidades de negocio.
- Ser sostenible y respetuosa con el medio ambiente y socialmente aceptada.

Por tanto consideraremos una red eléctrica inteligente (REI) o Smart-Grid a la integración de tecnologías de la información y comunicación (TIC) que optimiza la producción y la distribución de la energía eléctrica con el fin de equilibrar mejor la oferta y la demanda.

Para la introducción de una red inteligente, es necesaria la implantación de medidores inteligentes que por el lado del operador del sistema le facilitarán el control y realización de telegestión tratando la información de los contadores de forma remota, optimizando así la eficiencia del sistema y mejorando la calidad del suministro. Al consumidor a su vez se le podrá ofrecer una facturación detallada por franjas horarias y por tanto discriminación horaria en coste.

### 2.6.3. ¿Por qué una Smart-Grid en España?

Según el 'Avance del Informe del sistema eléctrico español 2013' elaborado por Red Eléctrica de España (REE) con fecha 19 de Diciembre de 2013; se registró el máximo de potencia instantánea el miércoles 27 de febrero a las 20:42 horas con 40.277 MW, siendo un 7,5 % menor que el máximo registrado en 2012 de 43.527 MW y un 11,4 % inferior al máximo histórico del 17 de diciembre del 2007 de 45.450 MW. Mientras que los datos de potencia instalada al cierre del año 2013 alcanzan 102.282MW.

La potencia instalada al concluir el año 2013 es más del doble de la potencia máxima alcanzada en cualquiera de los últimos 6 años. Por tanto estamos cayendo en una sobreinversión en el sistema. Esto es debido a que mientras se siguen instalando nuevas fuentes de generación distribuida estas mismas no se están integrando en el sistema y por lo tanto no están participando en la integridad y seguridad del suministro, consecuentemente siguen siendo necesarios los activos de generación convencional para garantizar tanto la integridad como la seguridad en el suministro [17].

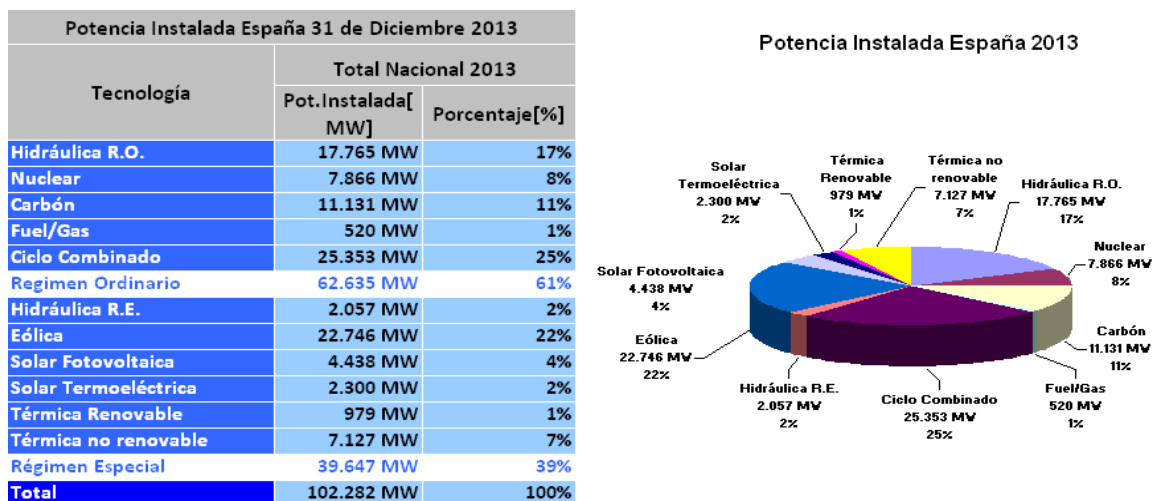


Fig.2. 24: Potencia Instalada España 2013 [17]

Además por otro lado podemos ver como las fuentes de mayor o menor generación distribuida empiezan a formar parte de un gran volumen del mix energético en la cobertura de la demanda mientras que no están integradas en el sistema. Por tanto la reflexión que nos tendríamos que hacer es si el sistema actual en el que la generación sigue a la demanda es lo suficientemente eficiente, o si en su lugar sería necesario un nuevo modelo en el que se integren los recursos energéticos distribuidos y en cada momento se haga lo más eficiente entendiendo por recursos energéticos distribuidos a la demanda, la generación distribuida, el vehículo eléctrico y el almacenamiento energético.

Balance Eléctrico Anual 2013		
Tecnología	Total Nacional 2013	
	Pot.Instalada [GWh]	Porcentaje [%]
Hidráulica R.O.	34.205GWh	13%
Nuclear	56.378GWh	22%
Carbón	42.384GWh	16%
Fuel/Gas	6.981GWh	3%
Ciclo Combinado	28.983GWh	11%
Regimen Ordinario	168.931GWh	65%
Consumo en Generación	-7.012GWh	-3%
Hidráulica R.E.	7.098GWh	3%
Eólica	54.301GWh	21%
Solar Fotovoltaica	8.397GWh	3%
Solar Termoelectrica	4.554GWh	2%
Térmica Renovable	5.020GWh	2%
Térmica no renovable	32.309GWh	12%
Régimen Especial	111.679GWh	43%
Generación Neta	273.598GWh	
Consumo Bombeo	-5.769GWh	-2%
Intercambios internacionales	-6.958GWh	-3%
Total	260.871GWh	100%

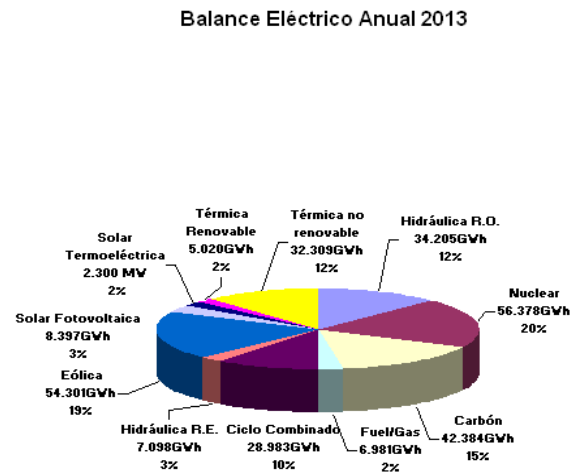


Fig.2. 25: Balance energético anual 2013 [17]

Por tanto las Smart-Grids son el siguiente paso en la búsqueda de un servicio más económico, eficiente, sostenible, seguro y con la mayor calidad posible en el que nuestras redes se transformaran constituidas por millones de nodos interconectados en los que la generación y el transporte convencionales seguirán siendo parte activa en este nuevo modelo pero parte de la electricidad generada en las vastas plantas convencionales, será reemplazada por generación distribuida, fuentes renovables, gestión activa de la demanda y sistemas de almacenamiento, como podemos ver un en la Figura 2.20 [18].

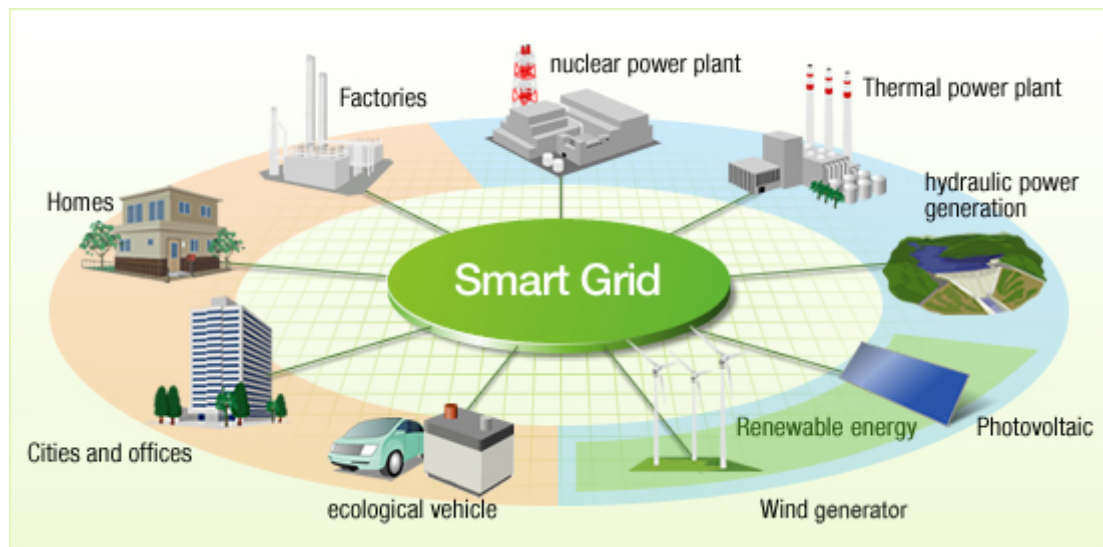


Fig.2. 26: Diagrama de red eléctrica en el futuro

## 2.6.4. Smart-Grid, Comunicación y la Recarga del Vehículo Eléctrico

Hemos visto los motivos por los que se hace necesaria la implantación de una Smart-Grid en nuestro territorio, pero poco hemos hecho referencia a los motivos que conlleva la introducción del VE en nuestra sociedad y como influiría en la red eléctrica.

Es evidente que con los actuales niveles de penetración del coche eléctrico, el efecto sobre la red eléctrica es mínimo. Pero con la llegada de una penetración masiva del vehículo eléctrico, si queremos evitar un impacto en la red, un elemento clave será la gestión de las demanda de recargas de dichos VE.

La red eléctrica se debe adelantar a este hecho de tal forma que la integración del vehículo eléctrico se realice gestionando las recargas inteligentemente. En contraposición si dicha gestión de recargas no se realiza de manera eficiente tendrá efectos en el sistema que se traducirán en pérdidas e ineficiencias.

Para realizar la correcta recarga del VE y la gestión eficiente de la energía es necesario definir tanto la comunicación que se transmite como los protocolos de comunicación, de forma estandarizada dentro del sector de las tecnologías de la información y comunicación. Conseguiremos así que con la capacidad actual del sistema eléctrico Español sea capaz de recargar un gran número de VE, sino también evitar la recarga en horas de máxima demanda e integrar las energías renovables con destino el VE. La mayor o menor estandarización en la comunicación entre el VE-infraestructura de recarga (datos a comunicar, protocolos de comunicación, buses de comunicación, conectores físicos...) será de gran importancia para una implantación global en el sistema.

De esta manera nuestra Smart-Grid necesitará de la integración de tecnologías de adquisición de datos, métodos de control y comunicaciones en tiempo real de manera bidireccional. Con la comunicación bidireccional el VE puede dejar de ser un simple cliente sino estar integrado activamente en la red, pudiendo suministrar también energía a la red, o lo que es lo mismo realizar V2G (Vehicle to Grid).

En cuanto a la comunicación VE-infraestructura de recarga para la gestión de la demanda podemos diferenciar tres fases: comunicaciones previas al proceso de recarga, durante el proceso de recarga, y de desconexión [19].

### 1. Comunicaciones previas al proceso de recarga

Es el momento de identificación del VE y del usuario. Además en este momento, si la infraestructura no esté disponible o hay algún tipo de indisponibilidad para la recarga, se envía notificación de incidencia que informe al usuario, en caso favorable, se notifica la correcta conexión del VE.

Para realizar este servicio de la manera más eficiente el usuario deberá ceder ciertos datos que definimos como el Perfil de Usuario. La primera parte de este perfil serán datos de ámbito personal de tal forma que identifiquen al usuario del VE. Pero más

importante aún serán los datos que influirán en los cálculos para el sistema de gestión de la demanda para ello, necesitaremos datos provenientes de dos fuentes: el usuario y la Battery Management System (BMS).

Los datos provenientes del usuario definirán principalmente su perfil tipo y sus hábitos de consumo. En caso de ser necesario, el usuario podrá definir (siempre que la infraestructura en la que se encuentre este capacitada) el realizar una recarga rápida que como ya hemos visto es recargar el 80% de la batería en 10-15 minutos. En la mayoría de los casos se realiza una recarga convencional que requiere más tiempo de recarga a una menor potencia. Para la gestión inteligente de estas recargas, lo más importante es transmitir los datos históricos así como el momento del día en que el usuario va a realizar sus trayectos o incluso que sea el propio usuario quien defina sus preferencias por ejemplo, indicar un momento determinado del día en el que quiere una recarga total de su VE.

La segunda fuente de datos será La BMS (Battery Management System) del VE que comunica a la infraestructura datos básicos para la gestión de recargas: energía máxima capaz de almacenar la batería (kWh a recargar), potencia máxima de la batería, pérdidas internas coche, temperatura exterior, tolerancia de recarga...

Con estos datos la infraestructura se comunica con el gestor de recargas y obtiene confirmación de energía disponible, capacidad de distribución y tarificación. La infraestructura evalúa la posibilidad de recarga que sea más beneficioso para el sistema eléctrico, acoplando la demanda de los VE y asegurando su estabilidad y satisfaciendo completamente la demanda del usuario y su VE.

## **2. Comunicaciones durante el proceso de recarga eléctrica**

En esta fase se procede a la activación del punto de recarga por parte del gestor y se inicia el flujo de energía siguiendo los objetivos de optimización del sistema eléctrico. El punto de recarga es el que finaliza la recarga y registrará la hora de inicio y fin de la recarga, así como medir la cantidad de energía transferida al VE.

## **3. Comunicaciones durante el proceso de desconexión**

En esta fase se realiza la parada de la recarga y la desconexión del punto de recarga. El gestor de recargas recoge los datos que el punto de recarga ha almacenado para calcular el coste del servicio. Estos datos de facturación se envían al usuario a modo informativo por un lado y al centro de gestión para la facturación, que se almacenará en la base de datos. Finalmente el punto de recarga gestiona la desconexión eléctrica con el VE y el proceso de cierre del canal de datos.

De esta forma el gestor de recargas posee toda la información para poder realizar una gestión de las mismas de una manera eficiente.

En contraposición a la gestión inteligente, podemos analizar y comparar con qué ocurriría si no existe ningún tipo de comunicación a través de nuestra curva de demanda durante una semana. Comparando los distintos casos tanto con cómo sin gestión inteligente distinguimos:

- Recarga en horas punta sin gestión inteligente.
- Recarga en horas valle sin gestión inteligente.
- Recarga con gestión inteligente.
- Recarga con gestión inteligente y V2G.

### Caso 1.

El primer caso es que el gran volumen de recargas se realicen en las puntas de demanda diaria, es decir como ocurre en un mercado sin VE existe un pico en la demanda entre las 19 y 21 horas que es cuando la mayoría de los particulares acude a sus casas y comienza a consumir energía. Así el vehículo eléctrico ocuparía el rol de un electrodoméstica más del domicilio (pero demandando bastante más potencia) que el usuario conecta al llegar a casa del trabajo. De esta forma no existiría ningún tipo de gestión eficiente y la nueva demanda energética la podemos ver a continuación.

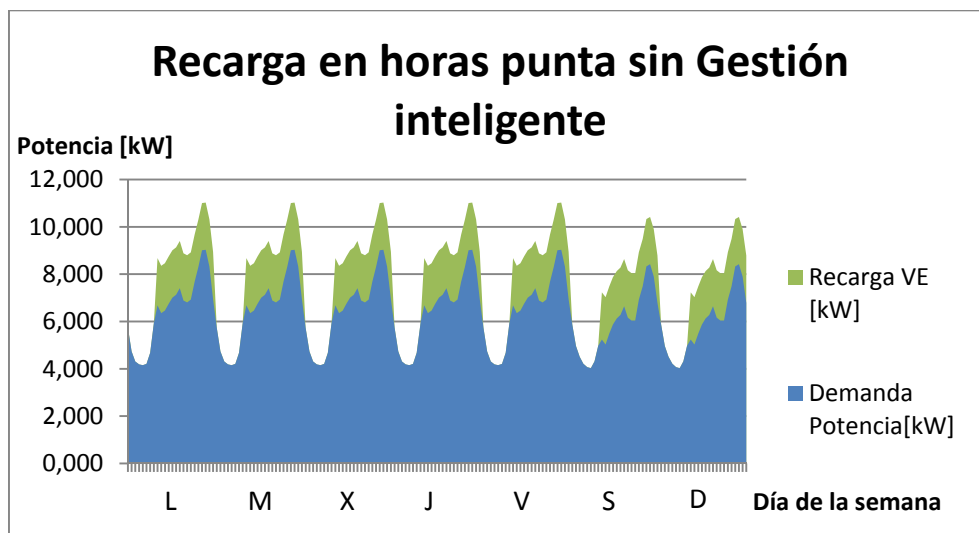


Fig.2. 27: Ejemplo de introducción del VE sin gestión de recargas en horas punta.

Las consecuencias inmediatas son un aumento de la demanda en punta diaria por lo que si el sistema quiere satisfacer esta nueva demanda hara falta sobredimensionar el sistema de transporte y generación. Además Por el primer perjudicado será el usuario que deberá contratar mayor potencia en su domicilio para satisfacer esta nueva demanda en su domicilio. En consecuencia se van a generar ineficiencia en el sistema y no favorece tampoco la integración de energía renovable.

### Caso 2.

El segundo caso es que las recargas se establezcan en las zonas de demanda pero sin una gestión inteligente como podemos ver a continuación.



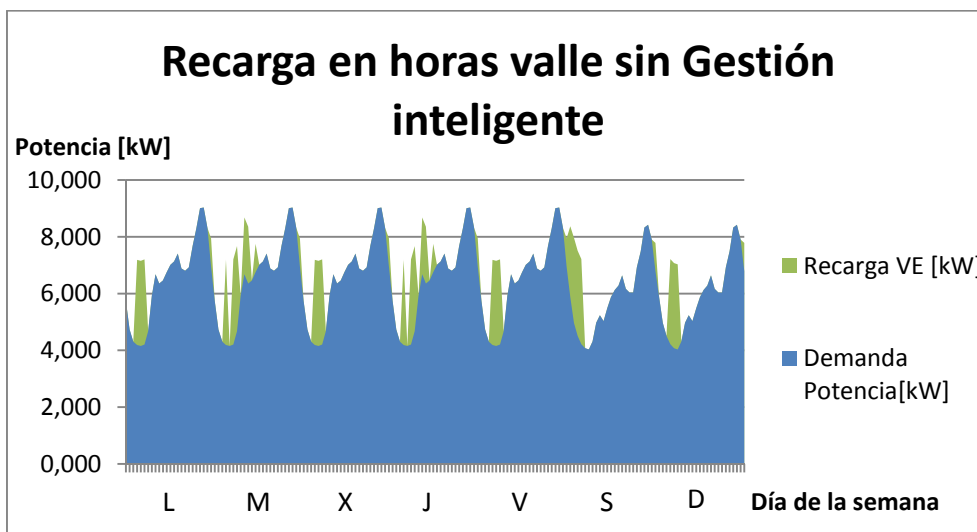


Fig.2. 28: Ejemplo de introducción del VE sin gestión de recargas en horas valle.

La recarga se produciría en un momento valle de la demanda pero sería sin estar todavía bajo gestión inteligente. Este caso es más eficiente que el anterior, utilizamos recursos de generación y transporte que no utilizaríamos en otro caso y se puede conectar más energía renovable al sistema. En cualquier caso pueden existir saltos bruscos en la demanda y esta en cualquier caso es más cambiante que si fuese bajo gestión inteligente por lo que dificulta la operación.

### Caso 3.

En contraposición a estos dos casos existe la posibilidad de gestionar las recargas de una manera inteligente, que es en lo que se va a basar nuestro proyecto. Así pues el resultado esperado debería ser.

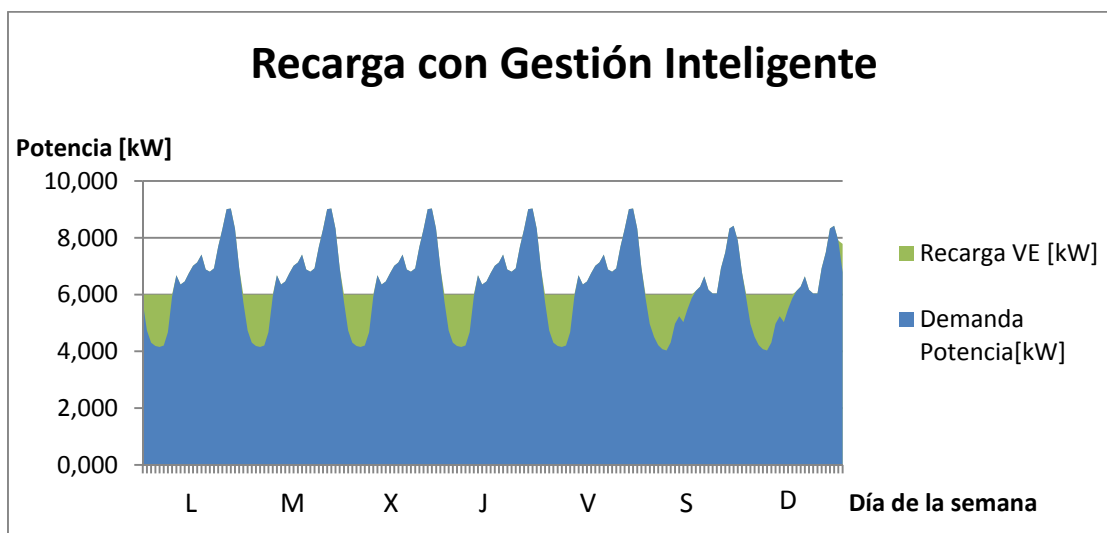


Fig.2. 29: Ejemplo de introducción del VE con gestión inteligente.

La planificación de la recarga al estar determinada por una gestión inteligente no solo las distribuye de tal manera que ocurren en un momento valle sino que la curva no se producen horas punta de demanda, sino que la curva queda suavizada satisfaciendo por otro lado las necesidades que el cliente haya definido. Por lo tanto obtenemos los

beneficios de realizar las recargas en horas valle y además obtenemos mayor eficiencia en el sistema la demanda es muy predecible y tenemos mayor portabilidad en el sistema.

#### Caso 4.

Por último, si además se introduce la posibilidad de realizar V2G podremos disminuir las puntas de demanda.

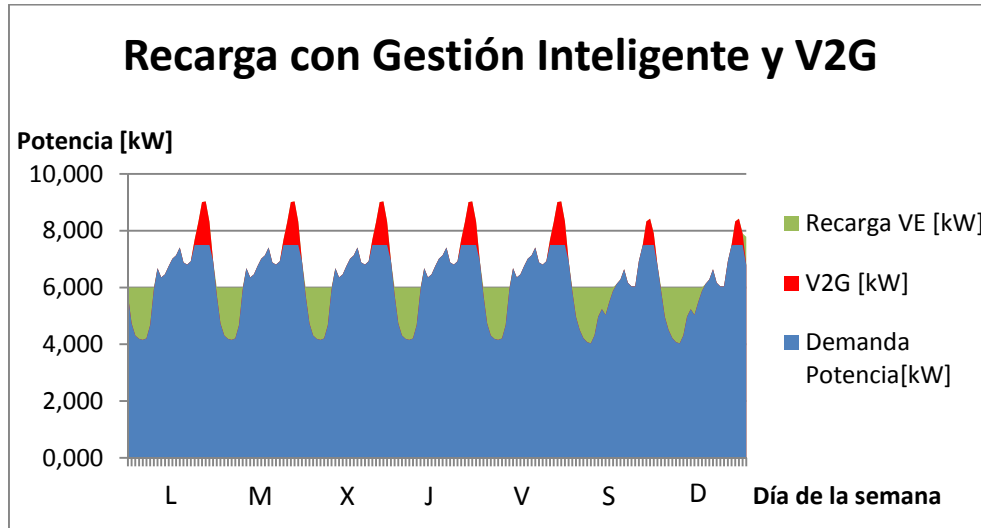


Fig.2. 30: Ejemplo de introducción del VE con gestión inteligente y V2G.

Para obtener resultados como estos deberemos desarrollar un gestor de recargas que realice los cálculos necesarios para obtener resultados como los aquí presentes para ello vamos a implementar un algoritmo que optimice la gestión de las recargas de los VE basándonos en el optimizador Particle Swarm. El PSO (Particle Swarm Optimization) para este caso, buscará la mejor manera de colocar las distintas recargas, cumpliendo los requisitos de nuestro problema. Nuestro objetivo a través de la curva de demanda será que al introducir en un parque automovilístico el VE con diferentes cantidades de penetración, planifiquemos las recargas eficientemente en horas valle, buscando además un aplanamiento de la curva de demanda a su vez que cumplimos todos los requisitos preestablecidos.





## Capítulo 3. Optimización del *Particle Swarm*

## **3. Optimización: Particle Swarm**

### **3.1. Introducción**

El objetivo de nuestro proyecto es desarrollar un control sobre el sistema de recargas del VE, que gestione las recargas eficientemente y encuentre la solución óptima en cada momento haciendo que la curva de demanda eléctrica sea rellenada en sus zonas valle y también sean desplazados o suavizados sus picos de demanda, consecuentemente el consumo será más estable y predecible. El resultado debe ser una curva homogénea y estable a lo largo de las 24 horas del día. Para hallar esta solución y decidir cuándo es óptimo recargar o no, haremos uso de estrategias evolutivas, concretamente del método conocido como Particle Swarm Optimization u Optimización por Enjambre de Partículas (PSO).

La optimización por enjambre de partículas es un método metaheurístico y estocástico poblacional basado en las reglas de Reynolds que gobiernan las bandadas de aves. Frente a los métodos clásicos con derivadas, el PSO presenta algunas ventajas. Comparte con los algoritmos genéticos que puede resolver problemas multiobjetivo y no convexos, además al usar variables discretas será necesario realizar menos evaluaciones de la función objetivo. Al realizar una búsqueda directa y no hacer cálculos de gradiente reduce el tiempo de cálculo. Sirve para solucionar gran variedad de problemas y no es de compleja implementación. Para la solución de este nuestro problema se realiza una búsqueda vectorial haciendo uso de este algoritmo.

## 3.2. Optimización Particle Swarm

### 3.2.1. Antecedentes

Los antecedentes del algoritmo PSO se remontan a 1987 cuando Reynolds describió un modelo de comportamiento para las bandadas de pájaros, bancos de peces y manadas de animales. Reynolds empleó una bandada de pájaros haciendo diferenciación entre: el movimiento, comportamiento de los mismos y las características del entorno. Así mismo, definió tres normas para describir el comportamiento que regía el movimiento de estos animales. Estas normas son: evitar colisiones, relación de velocidades (los pájaros tratan de seguir a sus mejores vecinos) y mantener la bandada concentrada (que no exista divergencia entre los individuos) [20].

Fue ocho años después cuando Kennedy y Eberhart [21] [22], introdujeron la comunicación o el intercambio de información entre los individuos. Así en su trabajo lo comparaban con el comportamiento humano en el que las personas pertenecientes a una sociedad se fijan en sus vecinos e imitan aquellos comportamientos o acciones que consideran beneficiosas para ellos mismos. Esto, aplicado al proceso de búsqueda de la solución óptima hace que los individuos tomen referencia de aquel o aquellos individuos que mejor solución hayan encontrado.

### 3.2.2. El algoritmo Particle Swarm Original

El PSO original consta de una población de individuos en la que cada uno de ellos representa una posible solución. La evolución de cada individuo se determina por la inercia de dicho individuo, su propia experiencia es decir su memoria y la experiencia del resto de individuos de la población que definimos como comunicación. Además tenemos un espacio de soluciones de D-dimensiones y un tamaño de población N que influirá en el tiempo de proceso y en la capacidad de encontrar el óptimo. El algoritmo PSO inicializa la población otorgando a cada individuo una inercia y una colocación en el espacio de soluciones. La función objetivo evalúa la solución de cada individuo y da como resultado un valor asociado a dicha solución, que la caracteriza como mejor o peor según el objetivo a alcanzar. En cada iteración cada individuo se determina por una posición  $\vec{x}_i$  y una velocidad  $\vec{v}_i$ . Además cada individuo guarda en su memoria, de entre todas sus soluciones pasadas, aquella que ha recibido la mejor valoración por parte de la función objetivo. Dicha solución se conoce como  $\vec{P}_{BEST}$  y se actualiza cada vez que dicho valor mejore al anterior valor registrado. Del mismo modo existe la mejor solución histórica global de todo el enjambre, que definimos como  $\vec{G}_{BEST}$  dicho valor determina la comunicación entre los individuos. Los individuos del enjambre comparten entre sí la información sobre la mejor solución encontrada por el enjambre en su conjunto. Gracias a estos dos valores de memoria y comunicación se determina y actualiza los valores de los vectores de velocidad  $\vec{v}_i^{t+1}$  y posición  $\vec{x}_i^{t+1}$  para las sucesivas iteraciones en las que los individuos salgan a la búsqueda de nuevas soluciones. Así

pues definimos las siguientes ecuaciones de actualización para la velocidad y la posición:

$$\overrightarrow{v_i^{t+1}} = \overrightarrow{v_i^t} + \varphi_1 \cdot \overrightarrow{U_1}(0,1) * (\overrightarrow{P_{best}} - \overrightarrow{x_i^t}) + \varphi_2 \cdot \overrightarrow{U_2}(0,1) * (\overrightarrow{G_{best}} - \overrightarrow{x_i^t}) \quad (3.1)$$

$$\overrightarrow{x_i^{t+1}} = \overrightarrow{x_i^t} + \overrightarrow{v_i^{t+1}} \quad (3.2)$$

De las ecuaciones (3.1) y (3.2) definimos  $\varphi_1$  como el coeficiente memoria o cognitivo de valor constante y  $\varphi_2$  es el coeficiente comunicación o social también de valor constante respectivamente. Dichos valores varían dependiendo de la relevancia relativa que se le quiera dar en el cálculo de las nuevas componentes de velocidad y posición a cada uno de los dos efectos memoria y comunicación o lo que es lo mismo al mejor valor del individuo en cuestión o al mejor valor del enjambre. El algoritmo original establece el valor de 2 para ambos coeficientes aunque valores entre 1,5 y 2,5 pueden ser utilizados, obteniendo buenos resultados.

Los términos  $\overrightarrow{U_1}(0,1)$  y  $\overrightarrow{U_2}(0,1)$  son dos vectores aleatorios siguiendo una distribución uniforme con valores entre 0 y 1, se recalculan en cada iteración. Además deben de coincidir en dimensión con los vectores posición y velocidad, para que la multiplicación vectorial sea congruente.

### 3.2.3. Optimizadores Particle Swarm Posteriores

Vamos a describir algunos ejemplos de optimizadores surgidos a raíz del PSO original y su diferenciación con el algoritmo inicial en base a alguna variante en su forma de búsqueda.

#### A. Optimizador Particle Swarm Local

Es una variante del algoritmo original introducida por Eberhart y Kennedy [23]. En este el enjambre esta subdivido en grupos o ‘vecindarios según una característica determinada que cumplan todas ellas. En la propuesta original se utilizó el método de topología circular o en anillo donde se definía un círculo de radio  $r$  de manera que todo individuo  $i$  se comparaba con los individuos que se encontraban en  $i-r$  e  $i+r$ . En este caso el enjambre no está influido por el mejor valor histórico global, sino que para el cálculo de la posición y velocidad, está influido por el mejor valor histórico de su subgrupo o vecindario, pero se mantiene el término cognitivo debido a la memoria individual de cada individuo. Para reformularlo a efectos prácticos solo debemos sustituir el mejor valor del enjambre  $\overrightarrow{G_{BEST}}$  por el mejor valor del vecindario  $\overrightarrow{l_{BEST}}$  permaneciendo todos los demás términos igual que en el algoritmo original. La ecuación de actualización de la posición no sufre cambio alguno y el de las velocidades quedaría de la siguiente manera:

$$\overrightarrow{v_i^{t+1}} = \overrightarrow{v_i^t} + \varphi_1 \cdot \overrightarrow{U_1}(0,1) * (\overrightarrow{P_{best}} - \overrightarrow{x_i^t}) + \varphi_2 \cdot \overrightarrow{U_2}(0,1) * (\overrightarrow{l_{best}} - \overrightarrow{x_i^t}) \quad (3.3)$$

$$\overrightarrow{x_i^{t+1}} = \overrightarrow{x_i^t} + \overrightarrow{v_i^{t+1}} \quad (3.4)$$

### B. Optimizador Particle Swarm Canónico

Fue Introducido por Clerc y Kennedy [21]. Se introduce al algoritmo PSO local definido en el apartado A, el factor  $\chi$  que impide que las velocidades de los individuos divergieran al infinito. Este factor afecta a todos los términos del algoritmo PSO Local quedando la ecuación (3.5) y (3.6).

$$\overrightarrow{v_i^{t+1}} = \chi \cdot [\overrightarrow{v_i^{t+1}} + \varphi_1 \cdot \overrightarrow{U_1}(0,1) * (\overrightarrow{P_{best}} - \overrightarrow{x_i^t}) + \varphi_2 \cdot \overrightarrow{U_2}(0,1) * (\overrightarrow{l_{best}} - \overrightarrow{x_i^t})] \quad (3.5)$$

Siendo  $\chi$ :

$$\chi = \frac{2 \cdot k}{|2 - \varphi - \sqrt{\varphi^2 - 4\varphi}|} \quad (3.6)$$

Donde  $k \in [0,1]$ ,  $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2$  y  $\varphi > 4$  Normalmente se escoge que siendo k igual a 1 y  $\varphi_1$  y  $\varphi_2$  tengan valor 2,05. El valor de  $\chi$  es 0.729.

### C. Optimizador Particle Swarm con Inercia Variable con el Tiempo

Shi and Eberhart [24] [25] introdujeron un nuevo factor de dependencia en el cálculo de la velocidad que es la ‘influencia de la inercia’ quedando de la siguiente manera la ecuación de cálculo de la velocidad.

$$\overrightarrow{v_i^{t+1}} = w(t) \cdot \overrightarrow{v_i^t} + \varphi_1 \cdot \overrightarrow{U_1}(0,1) * (\overrightarrow{P_{best}} - \overrightarrow{x_i^t}) + \varphi_2 \cdot \overrightarrow{U_2}(0,1) * (\overrightarrow{G_{best}} - \overrightarrow{x_i^t}) \quad (3.7)$$

El primer término de la ecuación (3.7) se le conoce como peso de inercia  $w(t)$ , cuanto mayor sea este valor, el enjambre cubrirá mayor espacio de búsqueda, es decir la nube de individuos estará más dispersa. El caso más representativo es aquel donde el peso de la inercia se define a través de una función decreciente con el tiempo. De esta forma el peso de inercia será mayor en las primeras iteraciones y por tanto en ese momento el enjambre está disperso y explora la totalidad del espacio de búsqueda. A medida que pasa el tiempo el peso relativo de la inercia disminuye y los individuos se ven más influenciados por las componentes de memoria y comunicación, por tanto la nube de individuos se concentra en aquellas zonas de todo el espacio de búsqueda en las que la

solución óptima tiene más posibilidades de encontrarse. Este algoritmo hace que la convergencia a la solución óptima sea más rápida y la búsqueda en los alrededores con mayor probabilidad de encontrarse dicha solución sea muy exhaustiva. En otras palabras estamos optimizando la búsqueda y haciéndola más eficiente. Tanto el PSO original como el PSO canónico son casos particulares de este algoritmo a los que se ha definido unos valores determinados y constantes para sus variables. Obtendremos el PSO original si definimos que el peso de inercia  $w(t)$  es constante e igual a 1; obtendremos el PSO canónico cuando  $w(t)$  es constante e igual a 0.729 y  $\varphi_1$  y  $\varphi_2$  en la ecuación del PSO de inercia variable con el tiempo son 1.494 para mantener la relación establecida con  $\chi$ .

#### **D. Optimizador Particle Swarm con Inercia Estocástica**

Esta variante fue introducida por Eberhart y Shi [25] y busca los mismos objetivos que el PSO Canónico, evitar que las velocidades de los individuos diverjan al infinito. En este caso el peso de la inercia en vez de variar decrecientemente con el tiempo como en el caso anterior se distribuye según una distribución uniforme tomando valores entre 0,5 y 1, por tanto la media del peso de inercia es el valor 0.75 muy similar al valor dado de 0.729 del PSO Canónico y para mantener la relación con  $\chi$  los coeficientes  $\varphi_1$  y  $\varphi_2$  valen 1.494.

#### **E. Optimizador Particle Swarm Jerárquicamente Organizado**

Ratnaweera introdujo que si alguno de los términos de la velocidad se hacía 0 realizaba una reiniciación enviándolo al valor máximo de velocidad [26]. El propio algoritmo iba disminuyendo dicho valor desde  $V_{\max}$  hasta  $0.1 \cdot V_{\max}$ , de tal forma que en la fase final de la optimización los individuos se moviesen más lentamente. Además el valor de los coeficientes de aceleración  $\varphi_1$  y  $\varphi_2$  se iba adaptando tal que mientras el coeficiente cognitivo decrecía desde 2,5 a 0,5 el coeficiente social aumentaba de 0,5 a 2,5. Así de esta forma un individuo según iba pasando el tiempo perdía confianza en el mismo para ir ganándola en el enjambre.

### **3.3. Optimizador Particle Swarm para incorporación del VE**

#### **3.3.1. Algoritmo Optimizador Particle Swarm**

Vamos a describir con mayor detalle cómo funciona el algoritmo PSO con inercia variable en el tiempo que hemos implementado para solucionar nuestro problema y gestionar la demanda de recargas de VE de manera inteligente. Nuestro algoritmo seguirá cinco etapas básicas comunes a cualquier variante de algoritmo PSO.

- Etapas 1. Inicialización: Durante este paso se determinan los límites de la posición y velocidad de los individuos; la población de individuos inicial con posiciones y velocidades aleatorias en las N dimensiones del espacio de búsqueda. También se define la condición de parada del algoritmo.
- Etapas 2. Evaluación de la población: Para cada individuo, se evalúa con la función objetivo dando como resultado un valor de evaluación objetivo que denominamos P.
- Etapas 3. Comprobación Pbest: Se compara las evaluaciones de la función objetivo de cada individuo (valor P) y la evaluación del Pbest. Si el valor obtenido es mejor que el valor almacenado para Pbest, se establece el nuevo Pbest con la posición actual y se almacena su evaluación (P) para futuras comparaciones.
- Etapas 4. Comprobación Gbest: Se compara el valor de la evaluación del individuo con la valoración del Gbest. Si el valor obtenido es mejor que el asociado a Gbest, se carga la posición actual como nuevo Gbest. También se guarda el valor P de la evaluación para futuras comparaciones.
- Etapas 5. Actualización de posición y velocidad: Se actualiza la velocidad y la posición del individuo de acuerdo con la ecuación según la variante de PSO elegida.

Finalmente se comprueba que no hayamos llegado al límite de iteraciones establecido o a una condición de fin del algoritmo. En el caso de que no sea así retornamos a la etapa 2. Si alguno de las condiciones de salida se cumple entonces obtenemos los resultados de salida. La mejor solución obtenida durante el proceso de optimización, Gbest, es la salida en este paso.

Este proceso está representado en la figura 3.1 diagrama de flujo para el algoritmo PSO donde podemos ver cada una de sus etapas.



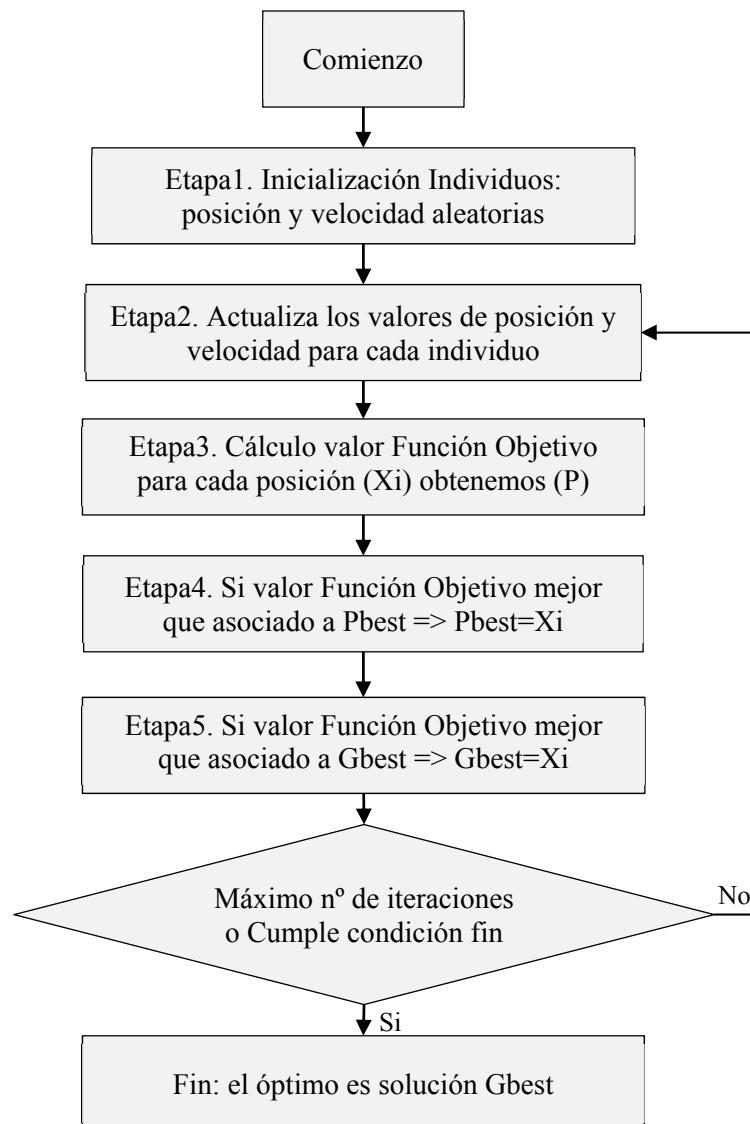


Fig.3. 1: Diagrama de flujo del algoritmo PSO. [25]

### 3.3.2. PSO para la optimización de la incorporación del VE

Al desarrollar nuestro algoritmo para la gestión de recargas del VE, empezamos desarrollando el optimizador PSO tradicional, pero fue basándonos en las mejoras del Optimizador Particle Swarm con Inercia Variable con el Tiempo introducido por Shi y Eberhart [10] donde obtuvimos los mejores resultados tanto en tiempo de proceso como en valor final de la solución óptima, número de iteraciones y tamaño de población necesario para conseguir un solución aceptable.

Este método frente al algoritmo PSO original introduce que la evolución de cada individuo es determinada por tres componentes: la inercia del individuo siendo función del tiempo, su propia experiencia conocida definida como memoria o coeficiente cognitivo y la experiencia del resto de individuos de la población que definimos como comunicación o coeficiente social. Por lo tanto en la etapa 5, la actualización de

posición y velocidad sigue las siguientes ecuaciones descritas anteriormente (3.8) y (3.9).

$$\overrightarrow{v_i^{t+1}} = w(t) \cdot \overrightarrow{v_i^t} + \varphi_1 \cdot \overrightarrow{U_1}(0,1) * (\overrightarrow{P_{best}} - \overrightarrow{x_i^t}) + \varphi_2 \cdot \overrightarrow{U_2}(0,1) * (\overrightarrow{G_{best}} - \overrightarrow{x_i^t}) \quad (3.8)$$

$$\overrightarrow{x_i^{t+1}} = \overrightarrow{x_i^t} + \overrightarrow{v_i^{t+1}} \quad (3.9)$$

Donde  $\overrightarrow{v_i^t}$  es la velocidad del individuo en la iteración t y  $\overrightarrow{x_i^t}$  es la solución/posición en la iteración t. Los valores  $\varphi_1$  y  $\varphi_2$  determinan la influencia relativa de la variable cognitiva o memoria y la variable social o comunicación; mientras que  $\overrightarrow{U_1}(0,1)$  y  $\overrightarrow{U_2}(0,1)$  son dos distribuciones uniformes aleatorias en el rango (0,1).

La primera influencia en la ecuación de actualización de la velocidad es la dependencia de la inercia, en ella  $w(t)$  se define como el peso de la inercia. Este término tiene como significado la predisposición del individuo a mantener su velocidad, e influye en la velocidad de la siguiente iteración  $\overrightarrow{v_i^{t+1}}$ .

Cuanto mayor sea el valor de  $w(t)$  el enjambre cubrirá mayores espacios de búsqueda, es decir si el valor de  $w(t)$  es elevado entonces se permite a los individuos del enjambre seguir buscando en la misma dirección en la que ya estaban buscando. Por tanto se permite una mayor dispersión de la nube de soluciones estudiadas y una búsqueda extensa y distribuida. En cambio, si el peso la inercia es reducido en la ecuación la influencia relativa de la comunicación y de la memoria del individuo adquieren mayor protagonismo haciendo que el enjambre no se disperse y las búsquedas de soluciones por parte de los individuos se centren en las áreas más cercanas a los valores  $\overrightarrow{G_{best}}$  y  $\overrightarrow{P_{best}}$ . Para este tipo de PSO la mejor solución para optimizar los recursos en la búsqueda de tal forma que con menores poblaciones y menores tiempos de cálculo alcancemos la solución óptima es que el peso de la inercia sea decreciente con el tiempo. Es decir que en las primeras iteraciones la inercia tenga mucho peso así al comienzo hacemos una búsqueda muy dispersa por todo el espacio de soluciones. Según van avanzando los cálculos y hemos definido las áreas más probables de encontrar el óptimo global a través de las primeras búsquedas más dispersas, vamos reduciendo esa dispersión de búsqueda para focalizarnos en esas áreas y explotar las zonas con más probabilidad de encontrarse el óptimo. Como ocurre en los trabajos de Jin, Y. X., H. Z. Cheng [27]. Que establecen una función decreciente similar a la que hemos utilizado en nuestro trabajo.

$$w(t) = 0.5 + \frac{1}{\gamma \cdot \log(t) + 1} \quad (3.10)$$

Siendo para esta ecuación (3.10)  $\gamma$  el término que determina la velocidad de caída del peso de inercia a la hora de calcular la actualización de la velocidad. Representando la ecuación utilizada para valores de  $\gamma$  de 2, 4, 6 y 8 para la búsqueda de nuestras soluciones frente al PSO original donde  $w(t)=1$ , para comparar su evolución.

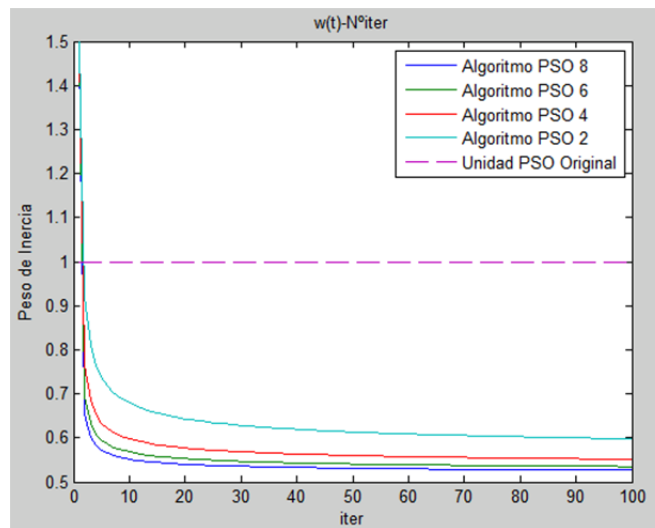


Fig.3. 2: Evolución  $w(t)$  PSO utilizado frente PSO original.

Mientras que la inercia para el PSO original se mantiene constante en 1, en nuestro caso hemos definido según la función asociada a  $w(t)$  que comience valiendo 1.5 para la primera iteración y rápidamente baje para explotar aquellas áreas en las que ha encontrado mejores soluciones entre sus primeras 5 a 10 iteraciones, a partir de entonces la función tiende a una asíntota horizontal en 0.5. De esta forma en ningún momento deja de tener influencia la inercia pero pierde peso relativo frente al resto de componentes que influyen en la búsqueda. Es importante que la caída de la dependencia de la inercia no sea excesivamente rápida, más aún si el tamaño del enjambre no es elevado, ya que las primeras iteraciones son determinantes para que la población se haga una primera imagen mental o esbozo del espacio de soluciones. Realizando una búsqueda dispersa lo suficientemente efectiva de tal forma que cubramos todo el espacio de soluciones, evitamos el riesgo de que el enjambre realice búsquedas muy exhaustivas alrededor de óptimos locales habiendo desechado la búsqueda alrededor del óptimo global. También por el mismo motivo es importante que la inercia no se haga nunca 0 ni que tampoco permanezca mucho tiempo en valores muy por encima del valor 1, pues las velocidades tenderían al infinito y por consiguiente las posiciones o soluciones se saldrían del espacio factible.

### 3.3.3. Coeficientes que determinan el funcionamiento del algoritmo: número de individuos y condiciones de salida

Ya hemos definido cuál es la función que rige la actualización de las velocidades y posiciones en nuestro algoritmo pero existen otros coeficientes relacionados con el funcionamiento interno del algoritmo que debemos establecer también, tales como el tamaño del enjambre y las condiciones de salida.

### **A. Numero de partículas/individuos**

Como ya hemos visto el PSO se basa en el movimiento cooperativo de bandadas de pájaros o bancos de peces. El número de individuos nos define el tamaño de muestra de nuestro enjambre, es decir cuántos individuos están buscando la solución óptima para cada iteración de nuestro algoritmo. Este número dependerá del tipo de problema a solucionar y de la complejidad del mismo, es decir viene determinado por el tamaño del espacio de soluciones. Cuanto mayor sea el espacio de soluciones y más pequeño sea el enjambre, menos posibilidades habrá de encontrar el óptimo global. Por tanto el tamaño del enjambre afecta a la capacidad y eficiencia de nuestro algoritmo a la hora de encontrar el valor óptimo. Tampoco esto quiere decir que aumentar infinitamente el tamaño, nos servirá para encontrar más rápidamente el valor óptimo global. Pues si aumentamos mucho el tamaño se dará el caso que estamos desaprovechando individuos ya que aumentamos la posibilidad de que varios individuos estén en posiciones completamente iguales o parecidas que no dan mayor información a la inteligencia social. Además por otro lado, al aumentar el tamaño del enjambre aumentamos los tiempos de cálculo del algoritmo y de esta forma lo ralentiza.

### **B. Numero de iteraciones / Condiciones de salida**

Es el número de veces que cada individuo recalcula su valor óptimo. En nuestro algoritmo sirve para definir el límite de cálculo, es decir si nuestra población ha recalculado sus respectivos óptimos por ejemplo 70 veces el mejor valor calculado hasta ese momento se considera el valor óptimo. Además, se puede establecer un límite de cálculo a nuestro algoritmo, disponiendo de otras condiciones que limiten y optimicen el tiempo de cálculo haciendo una simple comprobación. En nuestro caso puesto que nuestro algoritmo tienen inercia variable, hace que la nube en las ultimas iteraciones sea cada vez más compacta hemos introducido otra condición. Tras cierto número de iteraciones, se comprueba si el algoritmo sigue encontrando mejores valores, es decir si consigue encontrar algún valor más óptimo del que ya ha encontrado. En el caso de que durante un número de iteraciones fijo por ejemplo 30 iteraciones seguidas permanezca el valor Gbest invariable el algoritmo lo dará como óptimo global y no realizará más cálculos. Esta condición es muy útil para algoritmos de inercia variable con el tiempo pues tras esas 30 iteraciones la nube es muy compacta y así evitamos que el enjambre siga realizando búsquedas repetidas alrededor del mismo valor Gbest. Nuestro algoritmo continuará haciendo iteraciones hasta que alcance una de las dos condiciones que hemos establecido: que durante 30 iteraciones no ha encontrado una solución mejor que la mejor ya encontrada o llegar al límite de iteraciones definido.

Hemos comprobado que en la mayoría de los casos valores de tamaño de enjambre entre 50 y 200 individuos obtenemos valores bastantes buenos tanto en tiempo como en valor óptimo. De la misma forma ocurre con el número de iteraciones, si hemos elegido 80 individuos o más, casi nunca llega a realizar más de 150 iteraciones para obtener el valor óptimo. En cualquier caso, según hemos podido comprobar, es más eficaz que existan más iteraciones en un enjambre pequeño, que un enjambre grande con menor número de iteraciones. Esto quiere decir que un enjambre de 50 individuos que realiza

100 iteraciones es más eficiente que un enjambre de 100 individuos que realiza 50 iteraciones. En ambos casos el número de soluciones estudiadas durante todo el proceso es el mismo, 5000 soluciones, pero en el caso de menor población más iteración estamos explotando más las ventajas que nos da el PSO, que son los efectos de la memoria y la comunicación a la hora de dirigir la búsqueda.

### 3.3.4. Variables de entrada

Una vez definido los conceptos básicos que rigen nuestro algoritmo definimos aquellos datos que consideramos de entrada o inputs con los que parte el algoritmo para dar a ellos una determinada solución. Como explicamos en el capítulo 2 debe de existir cierta comunicación en la Smart-Grid, la información es el punto más importante para el correcto funcionamiento de la Smart-Grid. La comunicación entre el VE-estructura de recarga debe ser bidireccional es decir, obtendremos información por un lado del operador del sistema y por otro del VE y el usuario, principalmente para nuestro proyecto será de vital importancia la comunicación VE-infraestructura que hemos definido previamente como “comunicación previa al proceso de recarga”.

Nuestro algoritmo de optimización PSO funcionará de la siguiente manera, para cualquier solución de problemas lo primero son los datos de entrada, es decir la información proveniente del usuario, VE o del operador del sistema. Todas estas variables son elegidas por el usuario del programa como variables de entrada a Matlab, con el objetivo de poder recoger más información de distintas simulaciones bajo diferentes condiciones y circunstancias. Por tanto hemos definido los siguientes datos de entrada:

#### A. El día tipo: (día)

La variable día puede tomar valores 1, 2, 3 y 4 para definir respectivamente que el día se ajuste a: invierno laborable, invierno festivo, verano laborable o verano festivo. Con esto definimos cual es la demanda existente de potencia eléctrica a lo largo del día elegido así como la forma de la curva de demanda. Definimos un vector con los 24 valores de demanda de potencia para cada hora del día. Esta información deberá ser transmitida por el operador del sistema REE [16], según las previsiones que ellos manejen. Los 4 días tipos que vamos a tomar los siguientes valores de potencia horaria indicados a continuación en la figura 3.3.

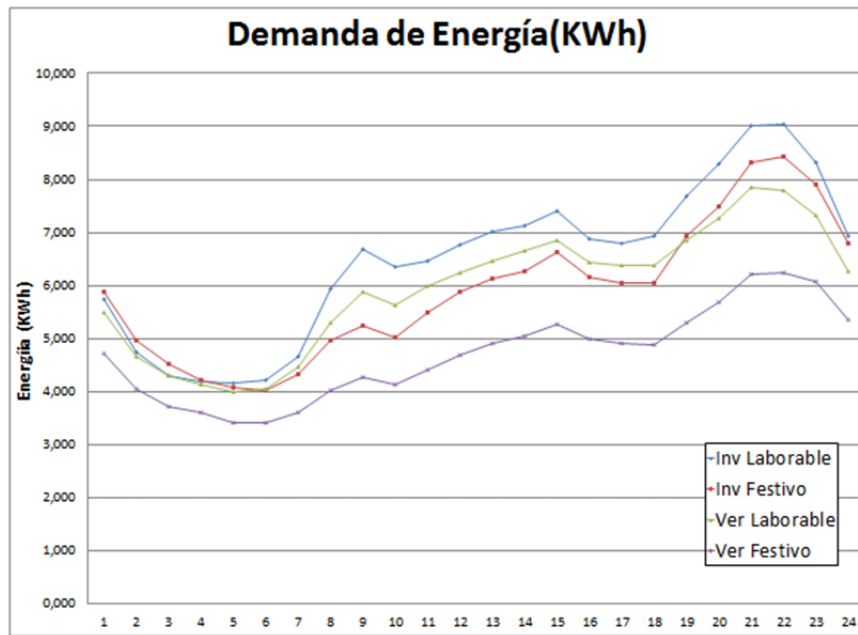


Fig.3. 3: Demanda de energía para los cuatro días tipo.

### B. La penetración: (penet)

Definimos la penetración como la cantidad de coches eléctricos que se han introducido en el mercado. En una ciudad que hemos definido con un parque automovilístico de 3144 coches, hay un porcentaje de los mismos que son vehículos eléctricos y que para el día en cuestión van a demandar ser recargados. En nuestros casos de estudio haremos pruebas con porcentajes comprendidos entre el 10% y el 50%. Para el 10% se consideran penetraciones bajas, pero aun así, es un valor muy superior al que existe actualmente en nuestras ciudades que no alcanza el 0,1%. Para el 50 % significaría que la mitad de los coches eléctricos en circulación en esa ciudad fuesen eléctricos. Esta información deberá ser recogida por las estaciones de recarga que localizará el número de usuarios y VE en disposición en toda la ciudad y lo enviara al sistema gestor de recargas.

### C. Vehicle to grid diurna y nocturna: (V2G1,V2G2)

Estas variables las utilizaremos para diferenciar aquellos modelos en los que los usuarios han dado su aprobación a ceder energía a la red en vez de ser simples consumidores. De esta forma seremos capaces de reducir picos de demanda preexistentes. Si el usuario está dispuesto a realizar cesión de energía al sistema, debe definirlo el mismo en la estación de recarga y con otros datos facilitados el sistema gestionara si dicho usuario puede o no realizar V2G sin que comprometa la necesidades de autonomía en sus trayectos futuros y en qué momento hacer esas aportaciones energía. Las variables V2G1 y V2G2 pueden tomar valores 0 si los usuarios no permiten V2G o 1 cuando permiten realizarla.

#### D. Usuario típico, atípico y cantidad de los mismos: (usuarios)

Los usuarios comunican al sistema el momento del día en el que va a realizar su primer trayecto y el sistema buscará la manera óptima de conseguir que la batería del VE este cargada al 100% en el momento de hacer el primer trayecto.

Hemos predefinido un conductor tipo que es el conductor que más se ajusta a los hábitos de consumo actuales del vehículo de combustión. Este usuario realiza diariamente sus trayectos para ir al trabajo entre las 08:00 y las 08:59 y de regreso a casa entre las 18:00 y las 18:59 consecuentemente en ese tiempo el VE no estará a disposición del gestor de recargas. Además este usuario dispone de infraestructura de carga en su vivienda y lo conectara a las 19:00 al regresar del trabajo, el usuario no tendrá ninguna otra estación de recarga accesible.

Esta variable usuarios puede tomar valores entre 0 y 1, así podemos definir qué cantidad de los conductores de VE se ajustan a este perfil. Siendo 1 cuando el 100% se comportan con el perfil de usuario típico y 0 cuando no existe ninguno conductor de este perfil de usuario típico.

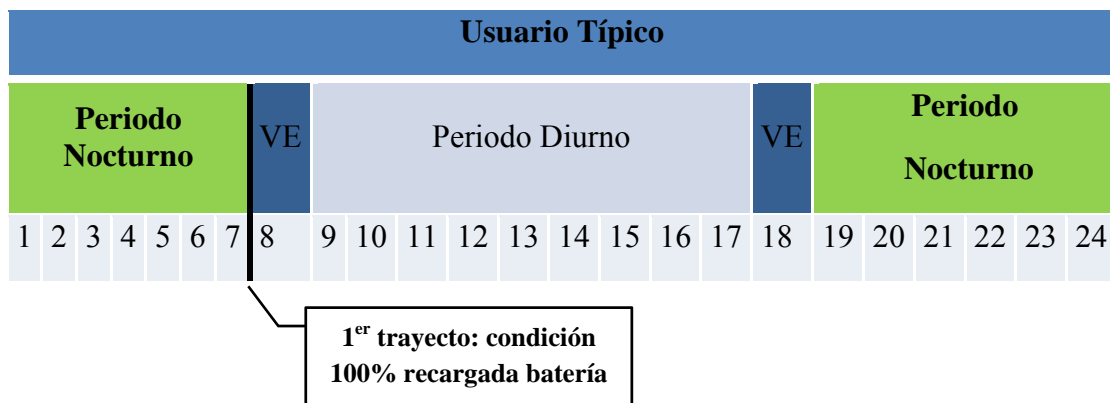


Fig.3. 4: Comportamiento del usuario típico hora a hora.

<b>Usuario Típico</b>	<b>Periodo Nocturno</b>	El VE es capaz de realizar recarga, se encuentra en la vivienda conectado. Periodos 00:00-07:59 y 19:00-23:59.
	<b>VE</b>	Trayecto. De 08:00 a 08:59 y de 18:00 a 18:59 momento de utilización de los VE.
	<b>Periodo Diurno</b>	El VE no se encuentra conectado a la red. Periodo 09:00-17:59.

Fig.3. 5: Comportamiento del usuario típico.

Hemos definido otro perfil de usuario de VE de tal forma que aunque se espere que la gran mayoría de usuarios del VE se comporten de una manera similar a la anterior, también exista la posibilidad de definir otros hábitos de utilización de VE. En este segundo caso supongamos que el usuario del VE tenga solo a su disposición una infraestructura de recarga del VE en su lugar de trabajo, por ejemplo si fuese un vehículo de empresa. De esta forma el usuario del VE establecería la condición de estar cargado 100% en el momento en que viaja del trabajo para su casa, así le permite regresar de nuevo al trabajo a la mañana siguiente. Además introducimos variación en



los momentos en los que se realizan los trayectos para no coincidir con el caso anterior. El usuario atípico se comportara de la siguiente forma: realizarán los trayectos de 19:00 a 19:59 y de 07:00 a 07:59. Y dispondrán para realizar la carga de 08:00 a 18:59. Este perfil también se podría ajustar por ejemplo a usuarios que trabajasen en horarios nocturnos. En cualquier caso a lo hora de realizar simulaciones para ceñirnos posibles casos futuros, el usuario atípico debe ser mucho menos numeroso que el típico. Por tanto utilizaremos valores para esta variable cercanos a 1 en nuestras simulaciones. Es decir que la mayoría de los conductores se comportasen como el perfil tipo.

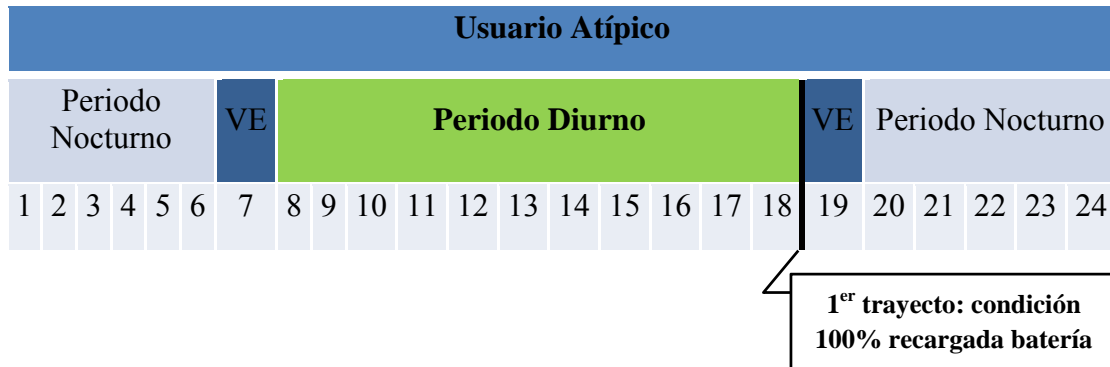


Fig.3. 6: Comportamiento del usuario atípico hora a hora.

Usuario Atípico	Periodo Nocturno	El VE no se encuentra conectado a la red. Periodo 00:00-06:59 y 20:00-23:59.
	VE	Trayecto. De 07:00 a 07:59 y de 19:00 a 19:59 momento de utilización de los VE.
	Periodo Diurno	El VE es capaz de realizar recarga, se encuentra en la vivienda conectado. Periodos 08:00-18:59.

Fig.3. 7: Comportamiento del usuario atípico.

También hay que destacar que estos perfiles están definidos para el caso en el que el usuario envía la decisión de no realizar V2G.

En el caso de permitir la realización de V2G para que esta tenga mayor relevancia en nuestra curva de demanda eléctrica, el usuario del vehículo eléctrico debe de tener un mayor acceso a la red. Aunque el usuario del VE permitiese la realización de V2G debe estar conectado un tiempo suficiente a la infraestructura para que dicha V2G llegue a realizarse. Ya que, por ejemplo el gestor de recargas, conocedor de que la batería de un VE determinado necesita un tiempo de recarga de aproximadamente siete horas para pasar del 0 al 100% de su batería y además sabe por el perfil del usuario de ese VE que históricamente solo está conectado durante unas pocas horas a la red, en ese caso el gestor de recargas no arriesgará a realizar V2G, pues puede afectar a su primer objetivo que es el tener la batería del coche cargado 100%. Por tanto, en el caso en que los usuarios de VE quieran realizar V2G les asignamos también un perfil en el que el VE tiene acceso a la infraestructura de recarga tanto en la vivienda como en el lugar de trabajo y únicamente no tiene acceso cuando está realizando trayectos. Los perfiles de los usuarios cuando establecen V2G son.

<b>Usuario Tipo V2G</b>	<b>Periodo Nocturno</b>	Acceso Infraestructura recarga. Periodos 00:00-07:59 y 19:00-23:59.
	<b>VE</b>	Utilización de los VE. De 08:00 a 08:59 y de 18:00 a 18:59
	<b>Periodo Diurno</b>	Acceso Infraestructura recarga. Periodo 09:00-17:59.
<b>Usuario Atípico V2G</b>	<b>Periodo Nocturno</b>	Acceso Infraestructura recarga. Periodos 00:00-06:59 y 20:00-23:59.
	<b>VE</b>	Utilización de los VE. De 07:00 a 07:59 y de 19:00 a 19:59.
	<b>Periodo Diurno</b>	Acceso Infraestructura recarga. Periodo 08:00-18:59.

Fig.3. 8: Comportamiento del usuario típico y atípico con V2G.

### E. Características del VE tipo

Otra fuente de datos es La BMS (Battery Management System) del VE que comunica a la infraestructura datos básicos para la gestión de recargas. En nuestro caso el más importante de todos estos datos será la situación de la batería y la energía máxima capaz de almacenar energía, con lo cual conocemos los kWh totales a recargar necesarios.

Actualmente en el mercado existen gran variedad de vehículos eléctricos, incluso como ya hemos visto con tecnologías totalmente dispares Para nuestro caso de estudio nos vamos a centrar en el vehículo totalmente eléctrico (VE). Para hacernos una idea de las características de los distintos vehículos eléctricos actuales en el mercado, hemos realizado un listado según las características facilitadas por los fabricantes y recogidas en la web del proyecto Movele [12], para el catálogo de vehículos eléctricos que hay en el mercado y sus especificaciones también representadas en un esquema gráfico en los Anexo I. y Anexo II

En nuestro estudio definimos un coche tipo cuyas características son en base a los valores medios obtenidos para los distintos VE en el mercado. Con los datos anteriormente recogidos nos podemos hacer una idea de la oferta del mercado. Analizando los valores de las características de los VE del mercado definimos como se comporta nuestro VE tipo en base a estos datos:

- El VE necesita siete horas para recargar su batería desde el 0% al 100% de carga bajo la tecnología de recarga convencional, es decir recargando con una intensidad de corriente de 16A y una tensión de 230V que supone una potencia de 3.7 kW.
- La capacidad total de almacenamiento de la batería será aproximadamente 24 kWh.
- El VE podrá alcanzar una velocidad máxima aproximada de 116 km/h.
- Tendrá una autonomía aproximada de 160 km.
- Consumirá de media 150 Wh/km.

En la figura 3.9, se establece el perfil de nuestro VE tipo que hemos escogido para este estudio.

Cara c	Vmax km/h	Pot <sub>Nom</sub> kw-cw	Pot <sub>Max</sub> kw-cw	Autono mía km	Consu mo Wh/k m	Capaci dad Ah	Capacidad kWh	t <sub>recarga</sub> h
VE tipo	116,0	27	49	160	150	111,3	24	7

Fig.3. 9: Especificaciones VE tipo para el estudio.

Por tanto en una hipótesis inicial teórica, los coches cargándose durante tres horas, si el proceso de recarga fuese bajo un rendimiento del 100% (es decir que no existen pérdidas) la energía que almacena el vehículo será de  $3.7 \times 3 = 11.1$  kWh, de esta forma se posibilita la autonomía diaria de dicho vehículo hasta unos 78 km/día.

### 3.3.5. Etapas del Algoritmo

#### Etapa 1. Iniciación del Algoritmo

Una vez se han recogido todos los datos nuestro gestor de recargas comienza su trabajo. Por un lado ya tienen definido coeficientes propios del algoritmo como son el tamaño del enjambre y las condiciones de parada. También se han definido las variables de entrada: día tipo, penetración del VE, V2G, tipo de usuario, características del VE tipo que determinan el problema específico a solucionar. Pero es necesario definir ciertas variables auxiliares para entender mejor el funcionamiento del algoritmo e inicializar, el punto de partida para realizar los cálculos. Por tanto además de las variables de entrada debemos definir los siguientes conceptos.

##### A. Potencia disponible total (Pdis):

Lo primero es realizar una primera acotación del espacio de nuestras posibles soluciones. Al tener un problema real existen ciertas restricciones presentes en nuestro caso de estudio, ¿tendría sentido un individuo que da como solución una distribución de recargas tal que excede la capacidad de potencia que puede generar nuestro sistema? La respuesta es clara, no. Es necesario que nuestro espacio de soluciones esté acotado. Por eso se define la variable Potencia Disponible (Pdis) que es un vector de 24 posiciones del resultado de restar a la potencia máxima demandada la demanda de potencia previa a la introducción de VE. De esta forma no existe solución factible que tras introducir el VE, aumente la punta de demanda diaria.

También podemos calcular, conociendo la cantidad de potencia que podemos suministrar en una hora a un solo VE (definida en 3.7 kWh), el número total de recargas que podríamos llegar a realizar para cada uno de los 24 segmentos en los que hemos dividido el día. Por tanto un individuo que encuentre una solución que para cualquiera

de los tramos exceda el límite de recargas máximas disponibles será una solución rechazada de antemano de manera que no cree un perjuicio en el suministro eléctrico.

Además, esta acotación nos permite, si el usuario quisiese realizar una simulación de un caso atípico en el que hubiese una altísima penetración del vehículo eléctrico de tal forma que la red no tuviese tanta potencia instalada o no pudiese satisfacer dicha demanda la Smart-Grid lo detectaría y en lugar de comenzar a recargar todos los vehículos eléctricos, iría seleccionando el cargar unos u otros para luego ir colocando las recargas según el óptimo calculado, sin que afecte a la red con cortes de suministro u otros perjuicios. Como ejemplo en lugar de cargar 10.000 coches al 60% de la carga que demandan, cargaría 6000coche al 100% de la carga demandada y comunicaría al resto de 4000 VE la incapacidad de recargar sus VE a través de la interfaz del punto de recarga y el motivo de dicha incapacidad.

### B. Mínimo de la función objetivo ( $G_{best}$ , $g_{best}$ ):

Para inicializar el algoritmo debemos establecer una variable numérica ( $G_{best}$ ,  $g_{best}$ ) asociada a la búsqueda del óptimo. Dicha variable para la primera iteración que es la de inicialización tendrá un valor que consideraremos infinito, de tal forma que el primer individuo encontrará una mejor solución para nuestro problema, es decir un valor de la variable menor que el de inicialización. En dicho valor se irán guardando los sucesivos mínimos globales de la función objetivo que se vayan encontrando a lo largo de las sucesivas iteraciones.

### C. Solución de partida:

Para comenzar nuestro algoritmo necesitamos definir una solución aleatoria inicial para todos los individuos que van a participar en la búsqueda de la solución óptima y definir las dimensiones de las variables a utilizar.

El modelo a simular no es escalar sino matricial y se define de tal forma que cada individuo tiene tantas componentes como franjas horarias disponibles para cargar los vehículos. El número de recargas en cada franja, lo determina la posición (valor de  $X$ ) en cada iteración  $t$  de cada una de las componentes del individuo. En el caso de disponer de 24 tramos horarios  $d = [1, 2, 3, \dots, 24]$  del día para realizar la carga de un número determinado de vehículos, si nuestro enjambre está formada por 100 individuos, la matriz  $X$  de tamaño  $[100 \times 24]$  resulta ser:

$$X = \begin{bmatrix} x_{1,1} & \cdots & x_{1,24} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{100,1} & \cdots & x_{100,24} \end{bmatrix}$$

(3. 11)

Siendo el vector  $X_1 = [X_{11}, X_{12}, X_{13}, \dots, X_{124}]$  la solución para el individuo 1 y en cada elemento  $x_{1,d}$  establecería el número de recargas a realizar en cada una de las 24 horas del día como solución. Dichos valores son números enteros, por tanto si establece una carga la tiene que mantener durante toda la hora del intervalo.

De igual forma se define la matriz de velocidades  $V$ , cada uno de los elementos de velocidad determinará el movimiento de ésta en el espacio de soluciones que para el mismo ejemplo anterior sería:

$$V = \begin{bmatrix} v_{1,1} & \cdots & v_{1,24} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{100,1} & \cdots & v_{100,24} \end{bmatrix}$$

(3. 12)

Siendo el vector  $V_1 = [V_{11}, V_{12}, V_{13}, \dots, V_{24}]$  la velocidad del individuo 1 y cada elemento  $v_{1,d}$  corresponde a la velocidad de cambio de solución para la próxima iteración del individuo 1 en el tramo “d” del día.

Además de las matrices de posición y velocidad  $X$  y  $V$ , definimos también otra matriz  $Pmin$  en el que se quedará guardada la mejor solución de distribución de recargas obtenida hasta la última iteración encontrada para cada una de los individuos. Siguiendo con el ejemplo anterior de 100 individuos.

$$Pmin = \begin{bmatrix} pmin_{1,1} & \cdots & pmin_{1,24} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ pmin_{100,1} & \cdots & pmin_{100,24} \end{bmatrix}$$

(3. 13)

Siendo el vector  $Pmin_1 = [pmin_{11}, pmin_{12}, pmin_{13}, \dots, pmin_{24}]$  la distribución de recargas y cada elemento  $pmin_{1,d}$  corresponde a la mejor solución del individuo 1 en el tramo “d” del día.

También definimos el vector  $Pbest$  de tamaño  $[1 \times d]$  donde queda almacenado la mejor solución de distribución de recargas de entre todos los individuos hasta la iteración actual.

Los valores tanto de la matriz  $Pmin$  como del vector  $Pbest$ , comienzan siendo aleatorios. En la primera iteración nos sirve para inicializar todos los valores que vamos a utilizar en nuestra búsqueda.

Destacar que al no haber sido evaluado los valores y tanto  $Pmin$  como  $Pbest$  provienen de valores aleatorios, al calcular los nuevos valores de velocidad y posición en la segunda iteración seguirán siendo aleatorios porque provienen de datos aleatorios como son la velocidad en la primera iteración,  $Pmin$  y  $Pbest$ . Por tanto no podemos suponer que nuestro algoritmo adquiera inteligencia hasta la tercera iteración o hasta que ha hecho la primera evaluación a través de la función objetivo, que ocurre en la segunda iteración. La primera iteración de inicialización coloca dentro de nuestro espacio de soluciones al enjambre en una posición y con una velocidad, pero sin saber cómo de buena es dicha solución.

## Etapa 2. Actualización de posición y velocidad

### A. Cálculo por iteración:

Tanto para la segunda iteración como para las sucesivas, definimos el proceso de cálculo por iteración de la solución óptima. Según el método heurístico Particle Swarm Optimization (PSO) partimos de los valores de la anterior iteración, tanto para las matrices, posición  $X$  y velocidad  $V$ , así como de la última actualización de los vectores  $\vec{P}_{min}$  y  $\vec{P}_{best}$ . Para calcular los nuevos valores de posición y de velocidad siguiendo la variante de PSO con inercia variable con el tiempo como ya vimos anteriormente seguimos la siguiente ecuación.

$$\vec{v}_i^{t+1} = \underbrace{\left(0.5 + \frac{1}{4 \cdot \log(t) + 1}\right) \cdot \vec{v}_i^t}_{\text{Inercia}} + \underbrace{0.5 \cdot \vec{U}_1(0, 1) \cdot (\vec{P}_{min} - \vec{x}_i^t)}_{\text{Memoria}} + \underbrace{2 \cdot \vec{U}_2(0, 1) \cdot (\vec{P}_{best} - \vec{x}_i^t)}_{\text{Comunicación}}$$

(3.14)

En la ecuación (3.14) de actualización de velocidad se indica los tres términos de dependencia:

- La inercia: según el vector velocidad  $\vec{v}_i^t$  en la anterior iteración.
- la memoria: que es la dependencia con la mejor solución encontrada por dicho individuo en anteriores iteraciones  $\vec{P}_{min}$ .
- la comunicación: la influencia de la mejor solución encontrada entre todos los individuos hasta la actual iteración  $\vec{P}_{best}$ .

Debemos destacar en esta ecuación la elección de coeficientes. Ya vimos como la influencia de la inercia del individuo es decreciente con el paso de las iteraciones hemos fijado que el término que determina la rapidez de esta disminución sea de valor cuatro, es decir que entre la primera y la décima iteración el peso de la inercia recibe valores entre 1.5 y 0.7 y posteriormente se acerca a la asíntota horizontal de 0.5. De tal forma que haga un primer barrido de todo el espacio de soluciones para posteriormente se centre en los lugares más probables del óptimo. Los coeficientes de confianza en cambio los fijamos de tal forma que el individuo tiene mayor predisposición a seguir al grupo. Es decir está más predispuesto a seguir a aquel individuo que ha encontrado la mejor solución global frente a la confianza que tiene el individuo en su mejor solución encontrada. En cualquier caso, no hay que olvidar las componentes aleatorias tanto para la memoria como para la comunicación, por tanto el comportamiento de los individuos no está completamente restringido. Estudios anteriores para este método heurístico han establecido rangos en los cuales se obtienen buenos resultados para valores de ambos coeficientes entre 0.5 y 2.5 [24] [23].

### B. Aplicación de restricciones

Un algoritmo de búsqueda de soluciones debe poseer limitaciones en su entorno de búsqueda. Existe el caso en el que un individuo que posee mucha inercia de partida se saliese del espacio de soluciones factibles por ejemplo colocando todas las recargas en

el mismo espacio de tiempo tal que excediese la potencia instalada en nuestra red en ese momento. Otro tipo de restricciones son las de simplificación de nuestro problema, por ejemplo no permitir que existan medias recargas (por tanto las componentes de los vectores son enteras).

Para evitar que nuestro enjambre acuda a estas posiciones establecemos restricciones. En este apartado vamos a tratar las restricciones generales, es decir aquellas que van a estar presentes siempre sin importar el caso de estudio.

La primera restricción es el número de recargas disponibles horarias. Nuestra solución es un vector de 24 posiciones que define el número de recargas que se producen en cada hora. A la hora de la búsqueda en cada iteración, pudiese darse el caso extremo que un individuo colocase todas las recargas concentradas en los 3 o 4 periodos horarios que ya poseían más demanda. Si este caso fuese posible para nuestro algoritmo nuestro enjambre tiene individuos de los que definitivamente podemos aseverar no colaboran en la búsqueda de solución o están en zonas del espacio que claramente no van a encontrar una solución mejor.

Además, hay soluciones que no son físicamente posibles por ejemplo si se colocasen más recargas para una determinada hora que numero de coches existentes. Es decir que un coche estuviese conectado en dos puntos distintos al mismo tiempo.

Para evitar estos casos hemos definido el vector `RestriccionCargas(n)`:

```
for d=1:n
    if Cargasdis(d) < maxcoches
        RestriccionCargas(d)=Cargasdis(d);
    elseif Cargasdis(d) > maxcoches
        RestriccionCargas(d)=maxcoches;
    end
```

Este vector compara el número de recargas que se pueden llegar a realizar, considerado como que las recargas disponibles en cada hora sin pasar un límite superior de potencia establecido con el valor más alto de la demanda anterior a la introducción de coches eléctricos. Además si hay 100 coches no se puede establecer una solución en la que se supere las 100 recargas simultaneas en el mismo periodo horario.

Así pues una vez recalculado los nuevos valores, todos aquellos individuos que no se encuentren en nuestro espacio de soluciones, se les reasignará el valor límite `RestriccionCargas`.

En este punto no debemos olvidar que el vector `velocidad` también debe ser actualizado acorde al valor límite que hemos redefinido puesto que influirá en el cálculo de las sucesivas iteraciones y en caso contrario estaríamos confundiendo a nuestro enjambre en su búsqueda.

Además del límite superior que ya hemos explicado, el límite inferior será que cualquier solución debe ser mayor o igual a 0 y procedemos de la misma forma que en el caso



anterior. A continuación en la figura 3.10 explicamos gráficamente la forma de proceder cuando una solución sobrepasa el límite del espacio de soluciones.

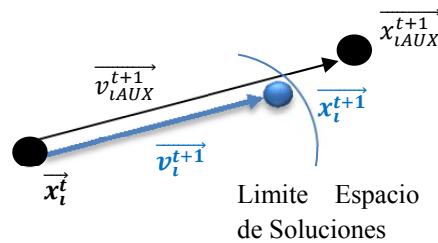


Fig.3. 10: Actualización de Posición y Velocidad según restricciones.

La siguiente restricción sobre las soluciones es intrínseca al algoritmo, aunque lo que nosotros buscamos es la solución óptima de recargas, ni que decir tiene que nuestra solución debe cumplir que todos los coches sean cargados. No nos sirve una distribución que según la función objetivo sea mejor que otra si no ha conseguido realizar todas las recargas necesarias para satisfacer la demanda de toda la flota. El hecho de que todos los vehículos estén recargados antes de ser utilizados, es condición anterior a la búsqueda del óptimo. De la misma forma ocurriría si nos diera una solución en la que se cargan los coches más de lo que es capaz de almacenar sus baterías.

```
(...)  
    if sumal > cargasl  
        while sumal > (cargasl+1)  
            d=round(rand*(n+1));  
            if ((d > 0) & (d < (n+1))) & (XAUX(i,d)>0)  
                XAUX(i,d)=XAUX(i,d)-precision;  
                sumal=sumal-precision;  
            end  
        end  
    elseif sumal<cargasl  
        while sumal < (cargasl-1)  
            d=round(rand*(n+1));  
            if ((d > 0) & (d < (n+1)) & (XAUX(i,d) <  
RestriccionCargas(d)))  
                XAUX(i,d)=XAUX(i,d)+precision;  
                sumal=sumal+ precision;  
            end  
        end  
    end  
end  
(...)
```

Tras calcular las nuevas soluciones y acotándolas en su límite superior e inferior, en el caso de que la solución dada por un individuo defina menos recargas que las totales necesarias iremos añadiendo recargas aleatoriamente hasta que el individuo posea una solución que cumpla con la condición previa de realizar todas las recargas necesarias. En el caso de que el número de recargas de la solución sea mayor a las recargas demandadas procederemos de la misma forma, restaremos recargas a un periodo horario aleatorio hasta que cumpla con dicha condición.



Finalmente la última restricción es que las soluciones deben de ser enteras, es decir no existen recargas medias sino completas y horarias. Esta restricción es necesaria si queremos tratar el problema de una manera matricial.

### Etapa 3. Evaluación enjambre. Función Objetivo

Nuestra función objetivo define si una solución encontrada es mejor o peor y en el caso de ser mejor se usa para definir los nuevos espacios más probables de búsqueda para las sucesivas iteraciones.

Lo primero decir que a nuestra función objetivo no se le asocia ningún valor real medible, puesto que la solución que busca nuestro algoritmo no es minimizar o maximizar un valor, que sería mucho más simple. Lo que buscamos es una distribución de recargas óptima. Pero la pregunta es ¿qué es para nosotros una distribución de recargas óptima? Consideramos una distribución de recargas óptima a aquella que coloca las recargas de tal manera que tras la introducción del VE la demandada de potencia eléctrica total durante el periodo estudiado posea las mínimas variaciones entre las distintas horas del día, satisfaciendo íntegramente la demanda de todos los usuarios. Presentando a continuación la programación de la función objetivo.

```
(...)for d=1:n
    y=abs(Pdis(d)-P(i,d));
    if d>2
        for k=1:d
            suma=suma+abs(y-abs(Pdis(k)-P(i,k)));
        end
    end
    dhr(i)=suma;
end
(...)
```

Tras la introducción de la demanda de recargas del VE buscamos que la nueva curva de demanda sea lo más plana posible. Esto ocurre si dentro de lo que es nuestra potencia disponible al introducir las recargas del VE, la diferencia entre las curvas potencia disponible y distribución de cargas (la altura “Y”) sea lo más constante posible. Como hemos visto en el anterior cuadro de programación, si comparamos los valores de cada uno de los periodos horarios con el resto de sus compañeros al conseguir que la diferencia entre unos y otros sea la mínima posible, conseguiremos que el valor de la altura “Y” sea lo más homogéneo posible y por tanto la potencia eléctrica demandada y suministrada sufrirá el menores variaciones durante el periodo estudiado. Como podemos ver en el ejemplo en la figura 3.11.

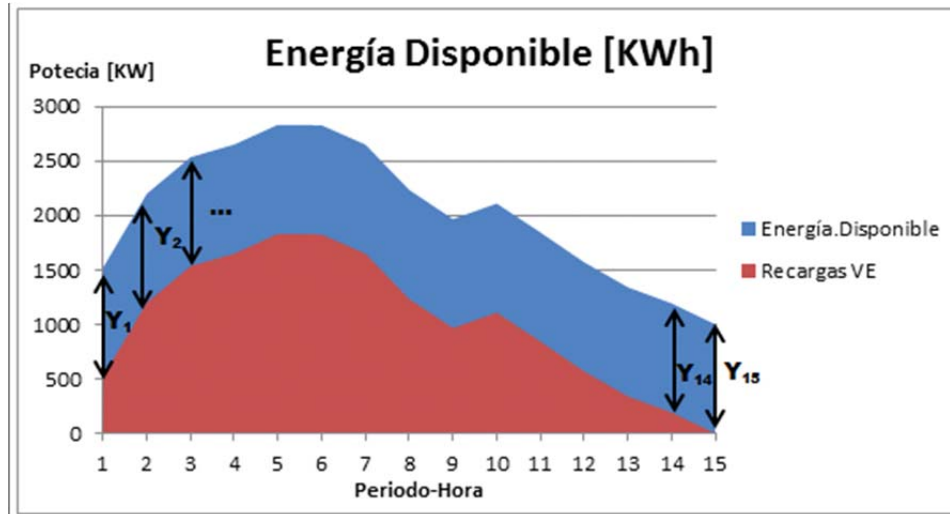


Fig.3. 11: Ejemplo del área ocupada por recargas de VE en 15 horas

La suma de la demanda inicial y la potencia debida a la distribución de recargas daría como resultado la nueva demanda tras la introducción de VE. Y como podemos ver sería un área constante y habremos aplanado la curva con dicha introducción, al haber gestionado inteligentemente la distribución de recargas como podemos ver en la figura 3.12.

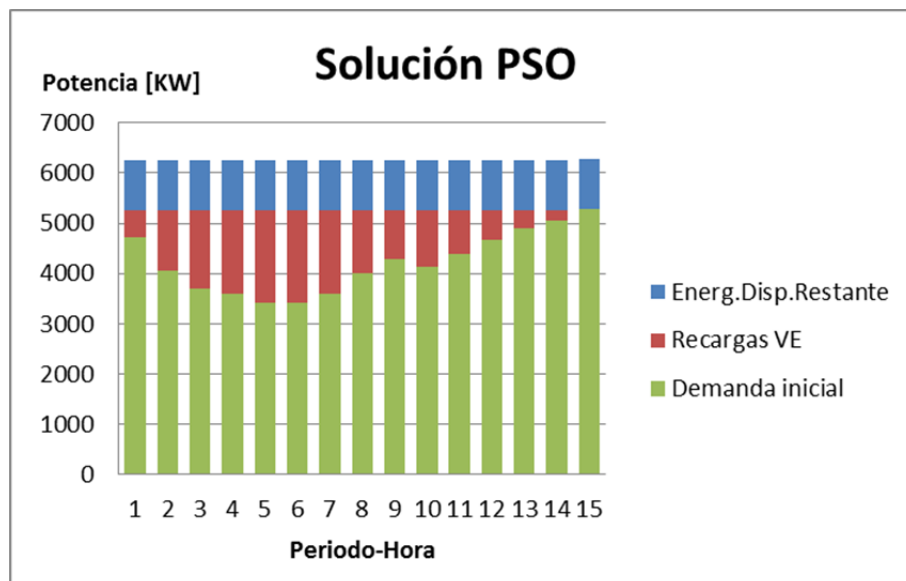


Fig.3. 12: Ejemplo de valor óptimo de distribución de recargas

## Etapa 4. Comprobación Pmin-Gmin

Una vez asociado el valor de la función objetivo para cada una de las soluciones, se almacenan todos esos valores (vector dhr). Todos ellos son comparados con el menor valor obtenido para la función objetivo ( $G_{min}$ ) en anteriores iteraciones para cada individuo. La primera comprobación es a nivel individual que guardaremos en un vector el mínimo alcanzado por cada individuo entre todas las iteraciones ya realizadas.

## Etapa 5. Comprobación Pbest-Gbest

La segunda comprobación es a nivel global, se compara el valor asociado por la función objetivo para cada individuo con el mínimo absoluto de todos los individuos para todas las iteraciones y lo guardaremos al igual que en el caso anterior tanto la distribución de recargas ( $P_{best}$ ) como el valor asociado de la función objetivo ( $G_{best}$ ).

```
(...) if abs(dhr(i)) <= abs(Gmin(i))
        Gmin(i) = dhr(i);
        Pmin(i,:) = X(i,:);
    end

    if abs(dhr(i)) < abs(Gbest)
        Gbest = dhr(i);
        Pbest(:) = X(i,:);
    end
(...)
```

El algoritmo continuará realizando cálculos volviendo a la etapa 2 y recalculando las nuevas posiciones de velocidad y posición actualizadas, hasta que se cumplan las condiciones de parada que definimos en la inicialización y devolviendo el valor óptimo encontrado.



## Capítulo 4. Aplicación del PSO para la optimización de la incorporación de VE a la red.

## **4. Aplicación del PSO para la optimización de la incorporación de VE a la red.**

### **4.1. Introducción-Caso de estudio**

En este capítulo vamos a presentar distintas simulaciones que hemos hecho de solución de problemas utilizando nuestro algoritmo basado en el método heurístico PSO para hallar la distribución de recargas óptimas a lo largo de 24 horas.

Para obtener una solución debemos adaptar cada escenario y el algoritmo heurístico a una serie de condiciones objetivo del proyecto:

- A. Según los datos indicados en el capítulo 3, definimos nuestro VE tipo con las siguientes características: capacidad de su batería 24 kWh; autonomía 160 km; consumo 150 Wh/km; se necesitan 7 horas para recargar de 0% a 100% (24 kWh).
- B. La descarga de la batería en el trayecto de ida será similar a la descarga en su trayecto de vuelta al domicilio.
- C. Establecemos una reserva de seguridad de energía del 54% de su capacidad máxima, 12.9 kWh. batería del VE se encuentra en todo momento en el rango 54%-100% de su capacidad o lo que es lo mismo 12.9 kWh-24kWh.
- D. Establecemos que los vehículos eléctricos deberán cargarse durante 3 horas a razón de 3.7 kW de potencia. Durante esas 3 horas consigue recargar su batería 11.1 kWh. Por tanto las tres recargas (11.1 kWh) serán suficientes para alcanzar el 100% de su capacidad (24 kWh) desde el límite inferior de su reserva de seguridad.
- E. Las recargas son de una hora y no son necesariamente consecutivas.
- F. Con tres recargas diarias de una hora ( $3 \times 3.7 \text{ kW} = 11.1 \text{ kWh}$ ) nuestro VE podrá realizar hasta 75 km diariamente. Como recordatorio el 75% de los usuarios de nuestro país recorre diariamente menos de 50 km.
- G. Se deberán cumplir los criterios de disponibilidad de VE y estación de recarga que se definen más adelante con los perfiles de usuarios. No podemos planificar una recarga para un determinado VE cuando está siendo utilizado para el transporte o cuando estando parado no dispone de estación de recarga. Esta condición se extiende a la realización de V2G.



H. La batería del VE debe estar cargada al 100% de su capacidad en el momento de realizar su primer trayecto diario, es decir disponer de 24 kWh. Todos los VE deben cumplir esta condición.

Según estas primeras condiciones, la energía almacenada en una batería de un VE puede seguir la evolución del ejemplo que mostramos a continuación.

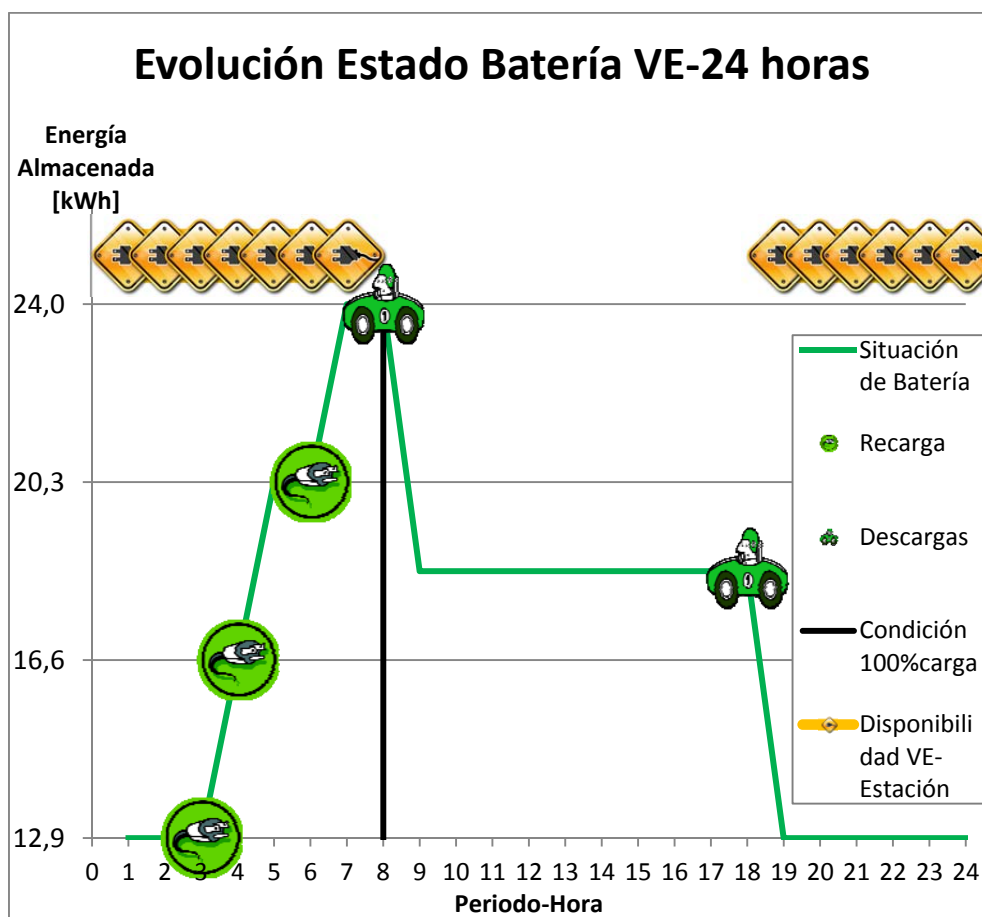


Fig.4. 1: Ejemplo de posible evolución de una batería para un VE a lo largo de un día.

Siguiendo las condiciones objetivo de nuestro problema anteriormente enunciado, el posible comportamiento de una batería se representa en la figura 4.1. Tenemos un periodo de disposición del VE-estación de recarga, donde debe el gestor de recargas debe planificar tres recargas de una hora, para pasar del límite de seguridad 54% de carga al 100% de carga en su batería antes del primer trayecto. Realiza dos trayectos siguiendo el perfil típico de usuarios en ese momento se reduce su energía almacenada.

Bajo las condiciones normales de uso de los VE (realizar 75km al día a lo sumo) en ningún momento la batería del VE se verá reducida a menos de su límite de seguridad del 54% (12.9 kWh) de su capacidad. En el caso de una urgencia o cualquier circunstancia no prevista por el usuario, aún posee una de autonomía adicional de 85 km, tras haber realizado sus dos trayectos. Así se evita que el usuario se vea afectado por los efectos de “Range Anxiety”.

- I. No se podrán establecer mayor número de recargas para un intervalo horario que el número de VE conectados a la infraestructura de recarga en ese periodo.
- J. Se considerará la Potencia disponible en cada hora (o en otras palabras el espacio de soluciones) la diferencia entre la Potencia consumida en la red previo a la introducción del vehículo eléctrico en el mercado y la punta de demanda para ese día.

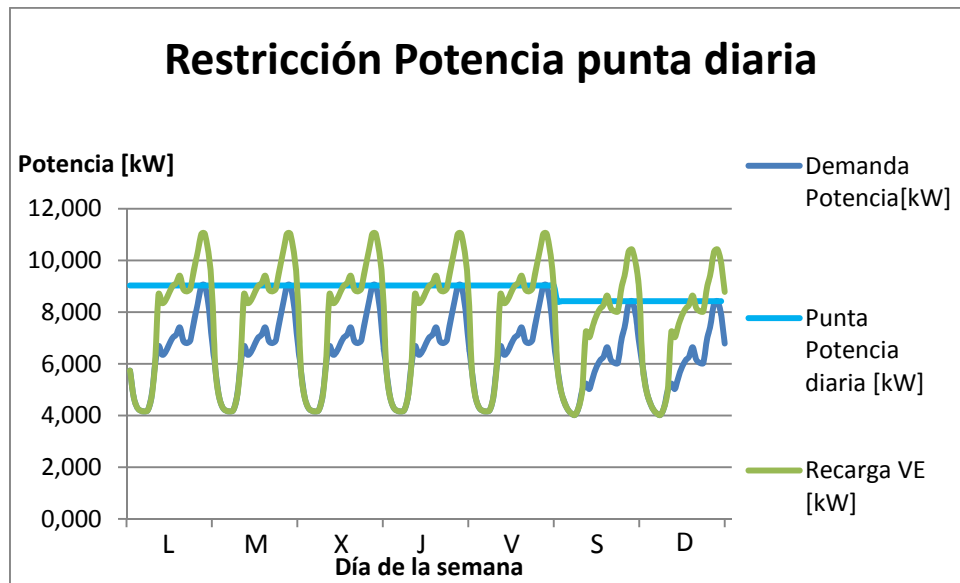


Fig.4. 2: Seguimiento restricción potencia punta durante la semana

Como bien sabemos, los ciclos de demanda eléctrica varían siguiendo ciclos diarios de 24 horas, es decir son ciclos aproximadamente repetitivos, lo que nos permite el realizar la gestión de manera diaria en nuestra simulación. En la figura 4.2 podemos ver de color verde una solución descartada por el algoritmo, ya que en varios periodos horarios no cumple la condición de potencia en punta diaria representada de color azul claro.

- K. Además por definición de las componentes posición (X) número de recargas en cada periodo horario y velocidad (V) ambos vectores deben tener todos sus componentes enteros y en el caso del vector posición además deben ser positivos, ya que no tendría sentido físico un número de recargas negativo.
- L. El simulador del programa para cada simulación/estrategia deberá definir la cantidad de usuarios de cada perfil o si se permite realizar V2G.
- M. Se rechazaran durante el algoritmo todas aquellas soluciones que no son físicamente posibles y se establece la solución (posición) más cercana a la rechazada tal que cumpla todas las restricciones como vimos en el capítulo anterior.

Una vez que ya conocemos las condiciones básicas bajo las que funciona el gestor de recargas podemos pasar al estudio de los casos prácticos para distintas simulaciones y estrategias.



## 4.2. Estrategia de 24 horas

Utilizaremos esta primera estrategia con el objetivo de comprobar y explicar el funcionamiento general del algoritmo de gestión de recargas programado. Esta simulación es un estudio bajo condiciones poco restrictivas. Más que su interés en la solución alcanzada, es el funcionamiento del algoritmo.

En esta estrategia trabajamos con la función:

(function [sol] = PSOMenu5( Dia,penet,V2G1))

En la que introducimos el tipo de día que queremos simular, si es un día de invierno laborable (Dia=1), invierno festivo (Dia=2), verano laborable (Dia=3), verano festivo (Dia=4). La otra variable que introducimos es la cantidad de vehículos que queremos simular de esta forma se introduce un valor penet que valdrá entre 0-1 y determina el número de vehículos eléctricos teniendo en cuenta que al valor 1 se le asocia 3144 vehículos. En esta primera estrategia no existe la posibilidad de hacer V2G (V2G1=0).

### 4.2.1. Funcionamiento del algoritmo

En este momento el gestor de cargas conoce: la demanda existente en el mercado eléctrico actual sin introducción del VE y los VE totales que demandan recargas en el día en cuestión. Nuestro algoritmo ya puede utilizar estos valores para determinar la distribución óptima de recargas para este caso de estudio.

En esta estrategia no hay restricción de disponibilidad a los VE, los VE están a disposición del gestor durante las 24 horas del día. Esta simulación equivale al supuesto en el que los usuarios tras el trayecto de regreso a sus domicilios, en el momento de conectar el VE descargado (54% de la batería), han comunicado al gestor de recargas que no van a hacer uso del VE en el día siguiente (día de verano festivo). El VE va a estar conectado las 24 horas en el domicilio. El sistema gestor de recargas tendrá libertad total para definir el momento de efectuar las recargas.

En cualquier caso el objetivo de esta simulación es explicar con más detalle el funcionamiento del algoritmo y corroborar que va a poder ser utilizado en estrategias más complejas.

Definido esto vamos a ver como el enjambre evoluciona buscando soluciones óptimas según el pasar de las iteraciones. Para este algoritmo no solo recibimos como resultado la solución óptima encontrada, sino también la evolución tanto del óptimo, como del valor que toman las partículas en cada iteración y la evolución de la mejor solución encontrada.

### 4.2.2. Simulación de Estrategia 24 horas

Realizamos esta simulación con la introducción de los siguientes datos:

[sol] = PSOMenu5(4,0.3,0)

- 4 define un día de tipo Verano Festivo.
- 0.3 cantidad de vehículos eléctricos es  $3144 \cdot 0.3 = 943$  coches.

En la figura 4.3 podemos ver la mejor solución inicial es decir la mejor solución de nuestro enjambre en la primera iteración. En la figura 4.4 representamos la evolución de la mejor solución encontrada según el pasar de las iteraciones para esta simulación de verano festivo y 943 VE.

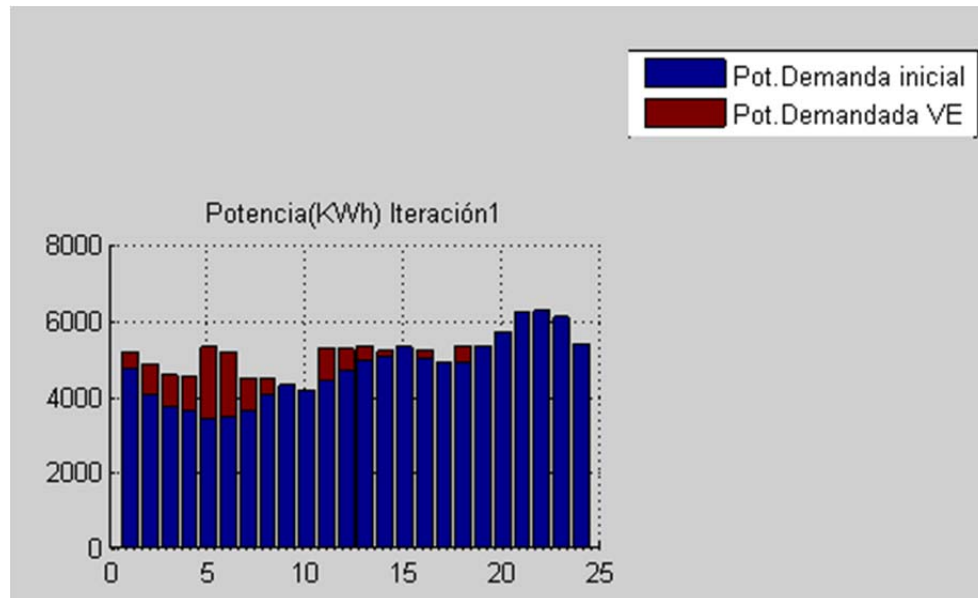


Fig.4. 3: Mejor Solución iteración1.

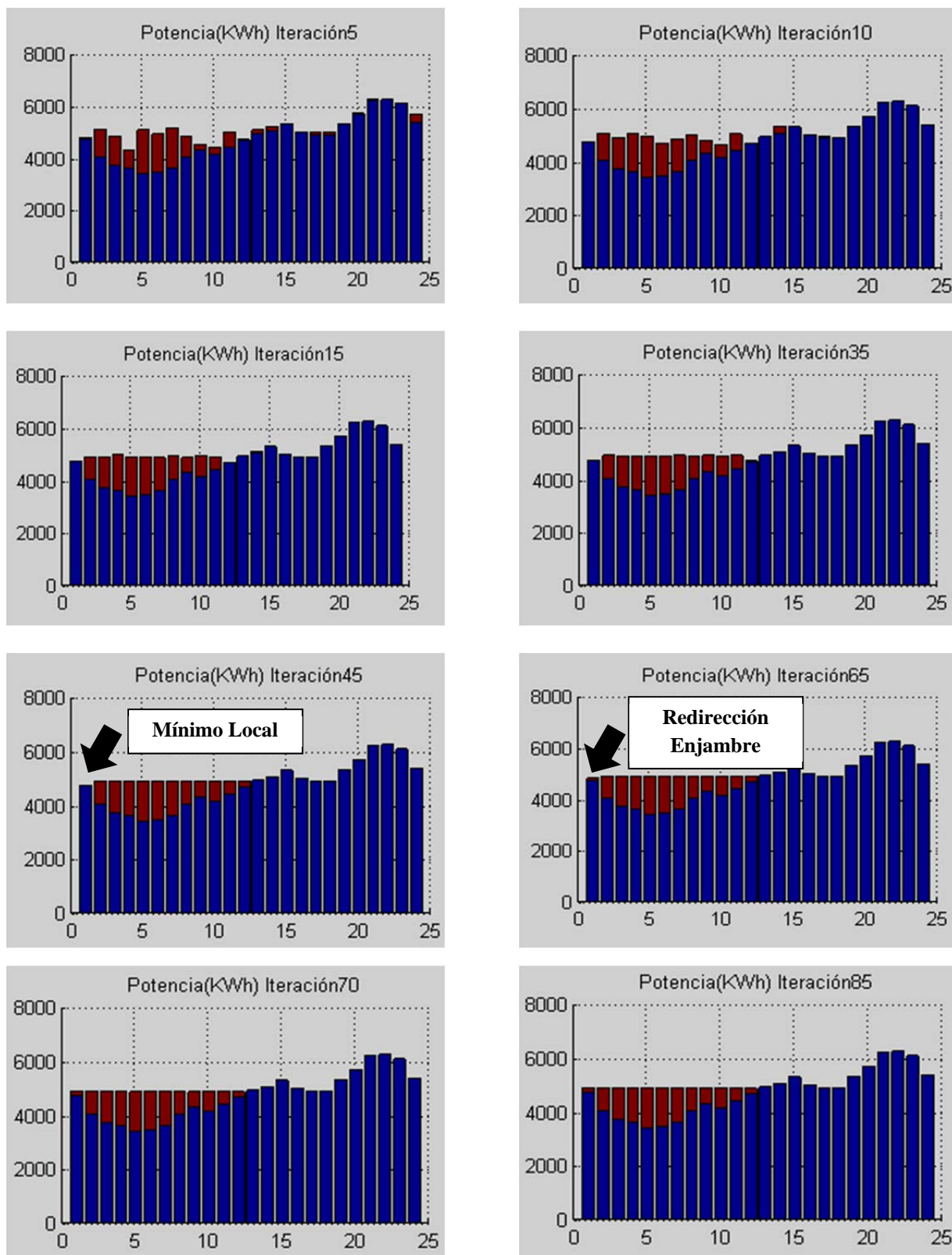


Fig.4. 4: Evolución mejor solución desde iteración 5 a la 85.

Podemos ver como en la iteración 45 ha encontrado un valor conocido como mínimo local es decir una solución factible en la que la función objetivo es menor que cualquier otra solución factible en las proximidades de dicha solución mínimo local.

Como podemos ver en la evolución de las gráficas figura 4.4 hasta la iteración número 45 el algoritmo ha buscado una distribución de recargas tal que aplane toda la curva pero mantiene un pequeño escalón debido a que dicha solución no coloca ninguna carga en el intervalo 00:00-00:59. Esto es un mínimo local que atrae al enjambre hacia esa zona del espacio de soluciones. Por este motivo es importante que exista cierto grado de aleatoriedad en el algoritmo, es decir que sigan existiendo individuos que no hagan exactamente lo que marca el líder, buscando exclusivamente en los alrededores de la mejor solución hasta el momento. Si no hubiese individuos que sigan buscando en otras zonas más alejadas, podría darse el caso de que nuestra población confunda un mínimo local con el mínimo absoluto y nuestra solución final sería entonces errónea.

Pero este no es el caso, puesto que en algún momento entre las iteraciones 45 y 65 ha existido al menos una partícula que ha decidido recolocar las recargas que se encontraban entre 01:00 y 12:00 en el intervalo 00:00-00:59 consiguiendo un mejor valor para la función objetivo y lo que es más importante redirigir a la población a otra zona del espacio de soluciones. La solución óptima es encontrada en la iteración 85.

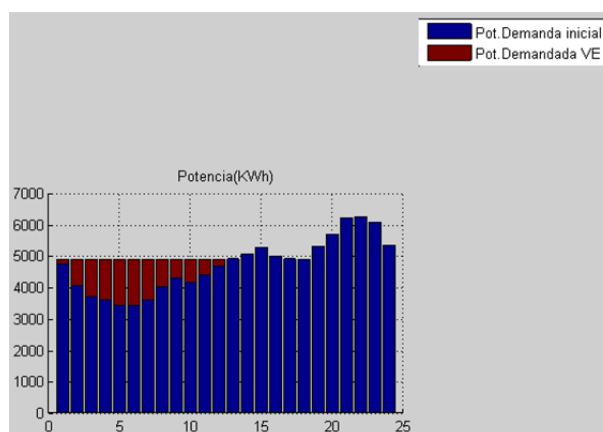


Fig.4. 5: Solución Óptima iteración de salida 115.

Para estar seguros de que el algoritmo realmente ha encontrado la solución óptima y no existe ninguna mejor en las cercanías y asegurar que el enjambre no haya vuelto a centrar la búsqueda en un mínimo local, el algoritmo sigue procesando durante 30 iteraciones más desde la última iteración en la que hubo una mejora de la solución como hemos indicado en la condición de salida. Esto sirve para crear una mayor precisión en el algoritmo. El algoritmo permanece durante 30 iteraciones más buscando soluciones, disminuyendo la dispersión del enjambre en torno a la solución óptima encontrada, optimizando la solución con precisión hasta la última recarga.

Como ampliación, nuestro algoritmo nos devuelve la evolución del valor asociado de la función objetivo (figura 4.6) frente al número de iteraciones representada a continuación. Aquí podemos ver como existen varios periodos en el PSO que son prácticamente reproducibles en cualquier escenario solucionado mediante algoritmos de enjambre.



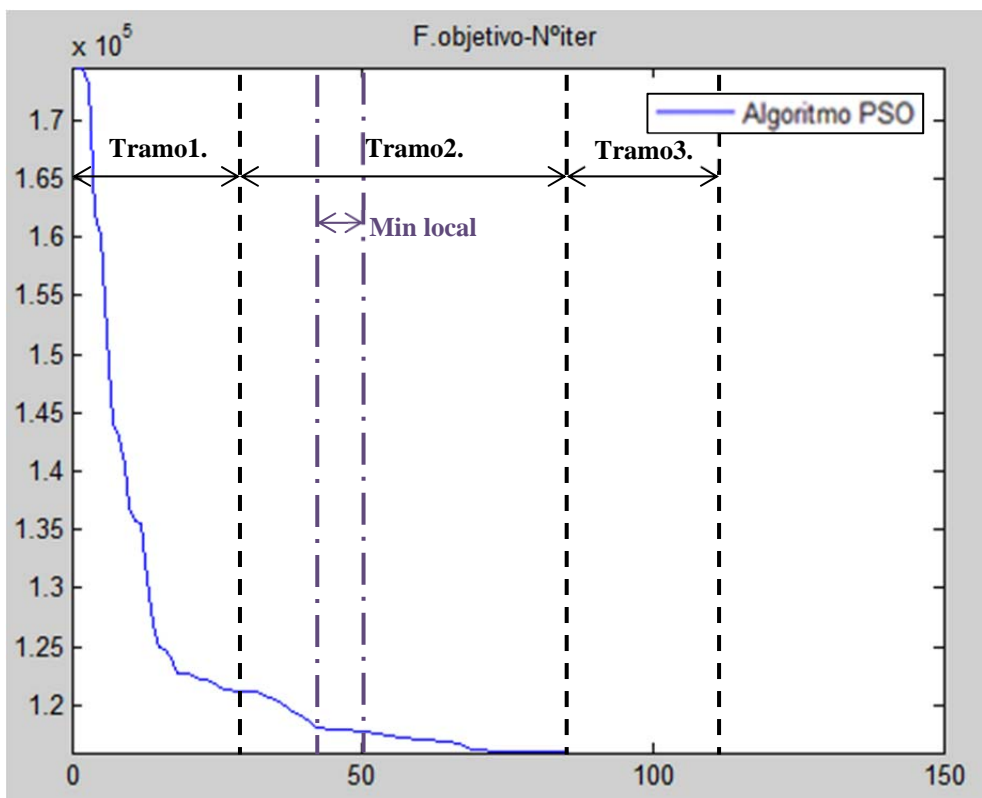


Fig.4. 6: Evolución del valor objetivo mejor solución frente al número de iteraciones.

Al inicio cada individuo se inicializa con una solución aleatoria y su valor asociado a la función objetivo es alto, por tanto hay mucha posibilidad de mejora. El enjambre en su conjunto tiene facilidad para encontrar una solución más óptima y además dichas soluciones mejoran considerablemente a la anterior. Esto se puede ver en la pendiente muy pronunciada en las primeras soluciones de la figura 4.6, durante las 30 o 35 primeras iteraciones. Este hecho también se puede apreciar en el aspecto muy cambiante de la distribución de recargas representado en las iteraciones 1, 5, 10 y 15 de la figura 4.4.

Posteriormente podemos ver un segundo tramo en el que la pendiente de la curva se hace menos pronunciada. Aquí ocurre a partir de la iteración 30 o 35 hasta la 80 o 85. En este tramo, es más complicado mejorar ya de por sí una solución bastante buena y además dicha mejora de la función objetivo es proporcionalmente menor. Como vamos a ver más adelante, el enjambre en este tramo restringe la búsqueda entorno al óptimo encontrado, para poder seguir mejorando la solución. Además en este momento nuestra solución va tomando forma específica, viendo el resultado para la iteración 35 o superior tenemos una idea bastante aproximada de cómo debería ser la solución final. Hasta la iteración 85 va mejorando poco a poco recolocando las últimas recargas.

En el tercer tramo a partir de la iteración 85 vemos como la solución no mejora en ningún momento, pero el fin de un algoritmo de enjambre no es cuando se alcanza el óptimo, sino cuando se alcanza el óptimo y todo el enjambre se encuentra en el o en sus alrededores. Es decir toda nuestra población se ha convencido que la búsqueda debe terminar; esto ocurre entre las iteraciones 85 y 115; este hecho lo veremos en el siguiente apartado.

### 4.2.3. Dispersión del enjambre

A continuación vamos a ver cómo evolucionan las partículas a lo largo de las iteraciones. En la figura 4.7 representamos para la 4ª iteración como se distribuyen los 90 individuos para los 24 periodos de tiempo según el espacio de soluciones que posee para cada una de las componentes del vector solución podemos ver como para la posición 22 que corresponde al periodo horario de 21:00 a 21:59, al ser el momento del día con mayor demanda, todas las soluciones se encuentran en realizar una o ninguna recarga, según el límite del espacio de soluciones asociado al valor en punta.

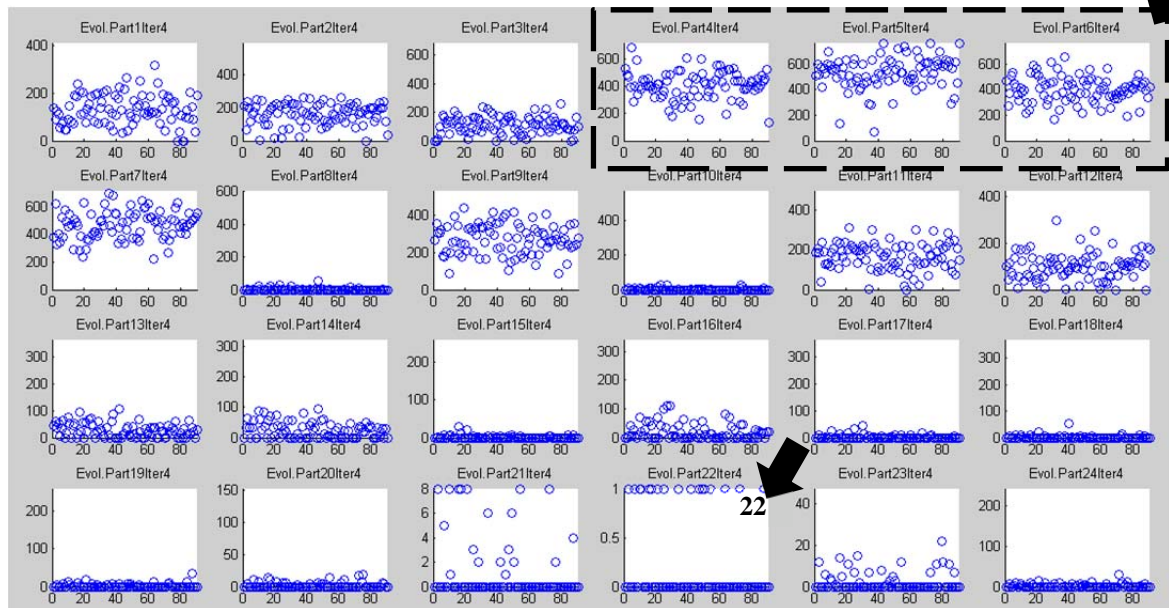


Fig.4. 7: Localización del enjambre para las 24 componentes de la posición en la iteración4.

Vámonos a centrarnos en tres de los tramos más característicos, por ejemplo las componentes 4,5 y 6, corresponden a los tramos horarios de 03:00-03:59; 04:00-04:59 y 05:00-05:59.

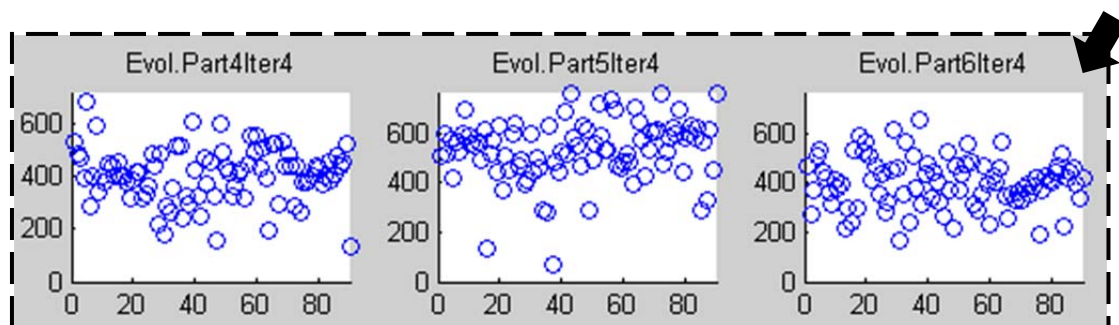


Fig.4. 8: Ampliación para las componentes 4, 5 y 6 de la posición en la iteración 4.

Para estas 3 componentes podemos ver como en la iteración 4 (figura 4.18) las soluciones van desde el valor 0 hasta el valor 650. Estos valores corresponden al número de recargas que cada uno de los 90 individuos ha definido para esta iteración. En estas primeras iteraciones vemos como el enjambre hace búsquedas en todo su espacio de soluciones. A continuación en la figura 4.9 presentamos la evolución desde la iteración 9 a la 24.

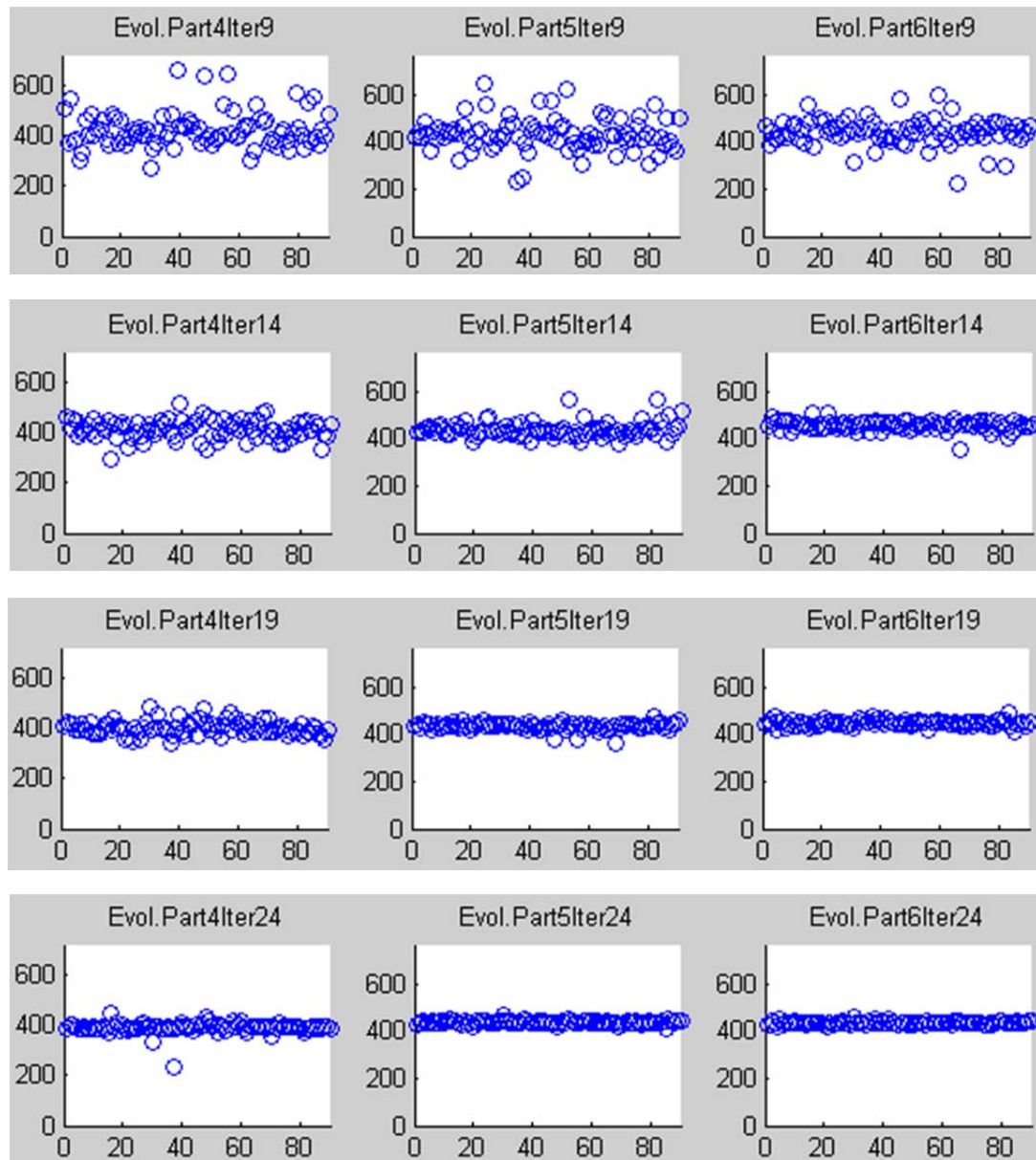


Fig.4. 9: Evolución componentes 4, 5 y 6 de la posición de la iteración 9 a la 24.

A continuación figura 4.10 iteración 35 a 79, el enjambre ha ido restringiendo su espacio de búsqueda, en este momento como hemos visto anteriormente la población se centra en colocar las ultimas recargas es decir una partícula que en la iteración 38 colocó 392 recargas en el tramo 4, 391 en el tramo 5 y 395 en el tramo 6, para la iteración siguiente variara en  $\pm 5$  recargas. De esta forma busca el óptimo entre las soluciones factibles que hay en el entorno.

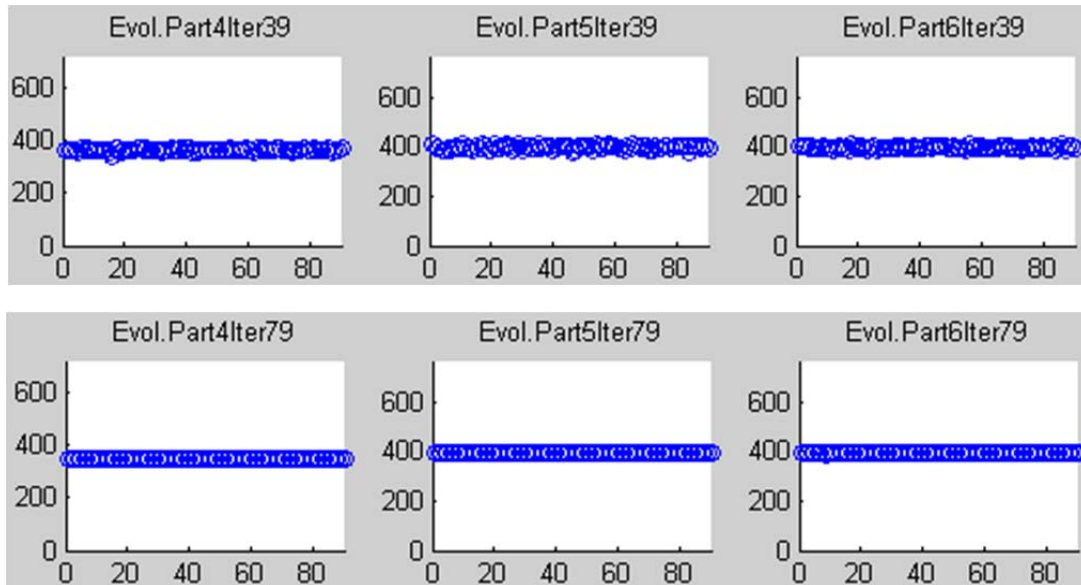


Fig.4. 10: Evolución componentes 4, 5 y 6 de la posición de la iteración 39 a la 79.

A partir de la solución de la iteración 80 podemos ver como al menos para estas 3 tramos todas las partículas confirman el óptimo, es decir se sienten tan atraídas a este valor que no realizan búsquedas alejadas. Podemos ver a continuación para la iteración 105 (figura 4.11) el valor solución óptimo que ya encontramos para la iteración 80. Pero ahora además todo el enjambre comparte la creencia de que el óptimo es esta solución.

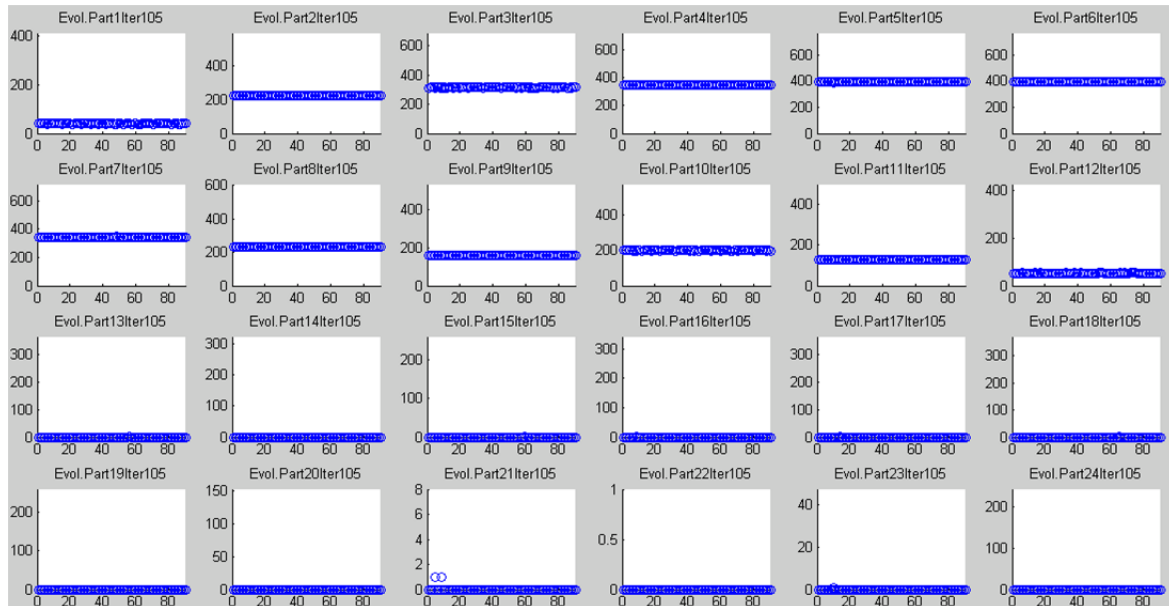


Fig.4. 11: Distribución de las 24 componentes de la posición del enjambre en la iteración 105.

En la figura 4.11 podemos ver como en los tramos horarios en los que hubo modificaciones más tardías, así como en los que se producen recargas pero dichas recargas tienen valores cercanos a 0, como es el caso de los tramos 1 y 12 sigue existiendo una pequeña dispersión, que son los últimos tramos modificados.



#### 4.2.4. PSO frente búsqueda aleatoria

En este apartado vamos a comparar la evolución entre una búsqueda aleatoria y una búsqueda con algoritmo PSO. Esto verificará que el algoritmo establece una mejora tanto en la propia solución encontrada como en el tiempo utilizado para alcanzarla.

Para ello creamos un algoritmo que trabaje bajo las mismas condiciones es decir mismo tamaño de población que el PSO pero en este caso no existirá ni comunicación entre las partículas ni memoria en las mismas ni tampoco inercia en la búsqueda.

Una vez procesado este otro método de solución lo comparamos con nuestro algoritmo. La simulación se realiza con los siguientes parámetros para ambos métodos.

$$[VECTBEST,GBESTVECT,tiempo] = PSOMenu5Aleat(4,.3,0)$$

$$[VECTBEST,GBESTVECT,tiempo] = PSOMenu5(4,.3,0)$$

Los resultados finales obtenidos para ambos métodos en esta simulación representados a continuación en la figura 4.12, por su mejor solución encontrada para la distribución de recargas en cada caso.

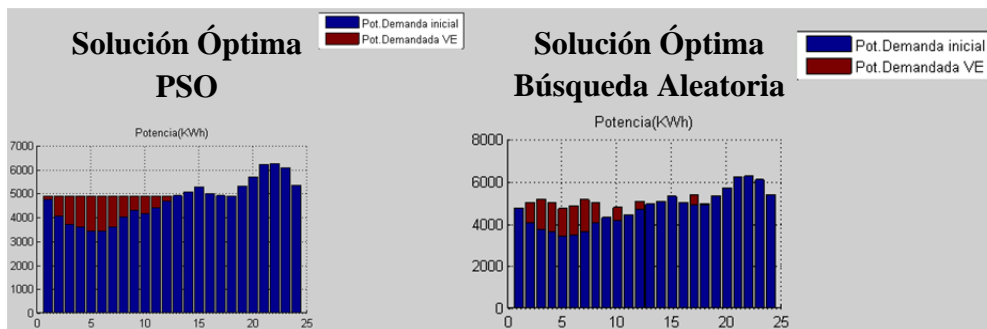
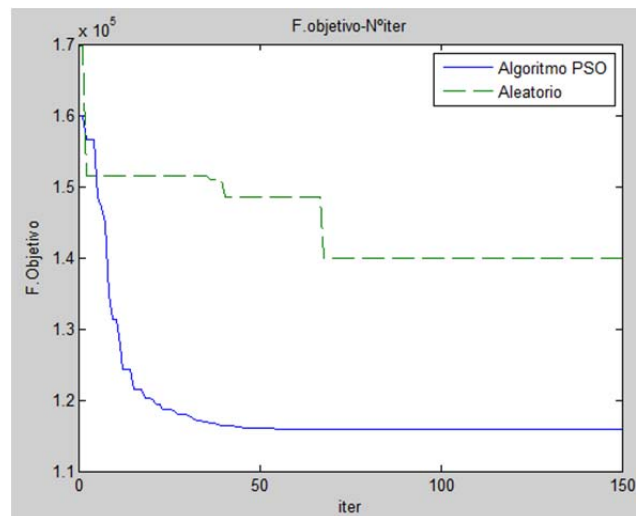


Fig.4. 12: Comparación de mejor solución encontrada búsqueda PSO y búsqueda aleatoria.

En la figura 4.12, el primer gráfico corresponde a la solución alcanzada por nuestro algoritmo PSO y el segundo a la búsqueda aleatoria.

El algoritmo aleatorio realiza 150 iteraciones con una población de 90 individuos. Ya que no sigue ningún criterio de búsqueda, el resultado obtenido para la búsqueda aleatoria no tiene que repetirse ni parecerse al realizar de nuevo la simulación con los mismos parámetros de entrada. De sus 90x150 soluciones aleatorias la mejor encontrada es la representada en la figura 4.12, que en contraposición con la encontrada con nuestro algoritmo se aleja mucho del resultado óptimo esperado.

Ahora podemos comparar cómo ha evolucionado la función objetivo en ambos casos según el número de iteraciones y según el tiempo de cálculo.



**Fig.4. 13: Evolución función objetivo PSO y búsqueda aleatoria frente al número de iteraciones.**

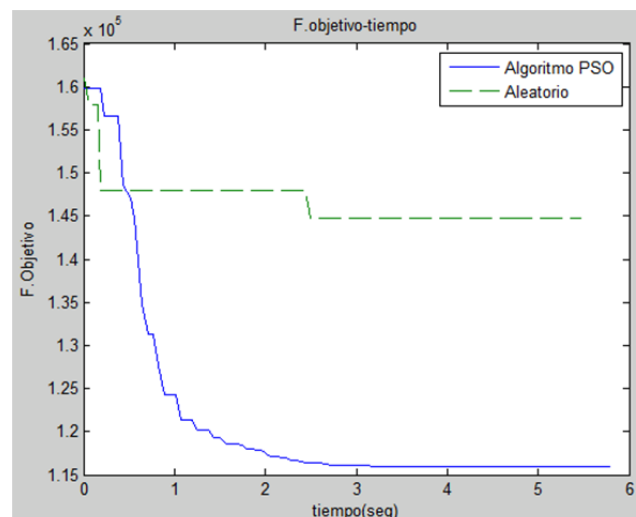
Como era de esperar el valor de la función objetivo evoluciona de manera completamente diferente para ambos casos. Mientras el algoritmo PSO evoluciona de una manera suave la simulación con una búsqueda aleatoria evoluciona a saltos.

El valor de la función objetivo tras 150 iteraciones para la búsqueda aleatoria está aproximadamente en  $1,4 \times 10^5$  mientras que el PSO llega a disminuir hasta  $1,15 \times 10^5$ . Teniendo en cuenta que parte de un valor de  $1,7 \times 10^5$  recorre aproximadamente el 50% del recorrido a disminuir para alcanzar el óptimo absoluto que encuentra el PSO.

Además nuestro algoritmo encuentra en prácticamente cada iteración, un valor óptimo mejor que el anterior hasta que alcanza la solución óptima en la iteración 68 y es imposible la mejora.

En contraposición la búsqueda aleatoria solo realiza 4 mejoras desde el comienzo de su búsqueda, proporcionándonos menos información sobre el comportamiento del espacio de soluciones frente al PSO.

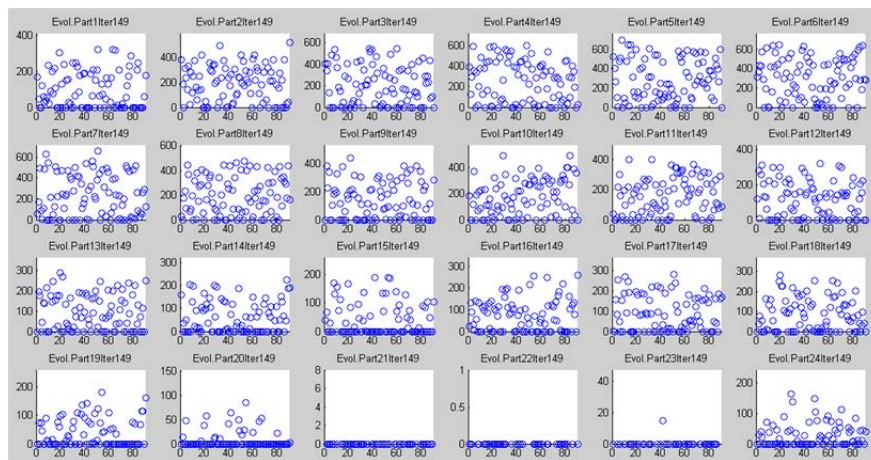
Finalmente la evolución de la función objetivo frente al tiempo de cálculo de los dos métodos se representa en la figura 4.14.



**Fig.4. 14: Evolución función objetivo PSO y búsqueda aleatoria en función del tiempo.**

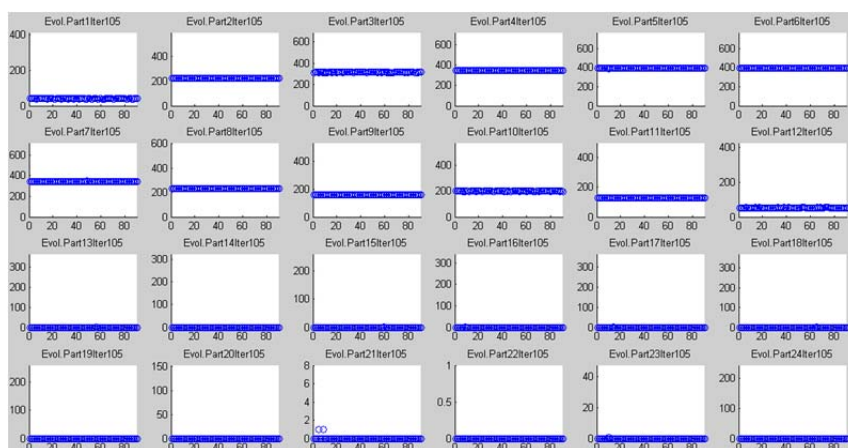
El tiempo de cálculo es muy similar para una búsqueda aleatoria y para una búsqueda guiada por enjambre de partículas, la capacidad de cálculo como hemos demostrado, está mejor aprovechada en el caso del PSO. Además, el establecer la condición de salida de las 30 iteraciones en vez de realizar 150 iteraciones, el PSO realiza 68 iteraciones hasta llegar al óptimo y 98 hasta cumplir la condición de salida, lo que reduce el tiempo de cálculo entorno al 33% para este caso sin reducir la precisión.

Como ya vimos otro punto a favor del PSO es la convergencia final del enjambre. La población de una solución aleatoria no converge es decir en su última iteración la población está dispersa en todo el espacio de soluciones, como vemos en la figura 4.15.



**Fig.4. 15: Distribución de componentes de la posición en la iteración 150 en búsqueda aleatoria.**

Mientras que en el algoritmo de enjambre en las últimas iteraciones las partículas convergen a la solución, de esta manera se puede decir que el enjambre reafirma esa solución que una vez encontró un individuo acudiendo todos los individuos a dicha solución.



**Fig.4. 16: Distribución de componentes de la posición en la iteración 105 en PSO.**

Esta propiedad también puede ser utilizada para establecer el fin del algoritmo, es decir definir que el algoritmo finalice cuando el 95% de los individuos que forman el enjambre coincidan en una solución o en un rango. De todas formas el establecer



condiciones para reducir el tiempo de cálculo puede disminuir la precisión del algoritmo y afectar a la que consideramos como solución óptima. Si establecemos que el algoritmo finalice cuando repita resultado por ejemplo 10 veces en lugar de en 30 iteraciones consecutivas; o bien que se detenga al converger el 50% del enjambre en lugar del 95%, podríamos encontrarnos en una solución no satisfactoria y no alcanzaría el óptimo global.

Los resultados de esta estrategia de 24 horas para todos los días y penetraciones figuran en el Anexo III.



## 4.3. Estrategia 90%-10%

### 4.3.1. Funcionamiento del algoritmo

Una vez hemos visto las ventajas que tienen el algoritmo PSO en la búsqueda de soluciones y la forma en la que actúa, ahora utilizaremos nuestro algoritmo para solucionar problemas más complejos y con más condicionantes como ocurriría en un caso real. Para esta estrategia el algoritmo utilizado es:

PSOmenu4(Dia,penet,V2G1,V2G2,usuarios);

Matlab en este y los sucesivas estrategias, nos devuelve por la interfaz de usuario la información del problema escogido para nuestra simulación, en el siguiente caso devuelve.

PSOmenu4(4,.3,0,0,0.9)

```
SIMULACIÓN DE VERANO FESTIVO
Nº total de coches:
    942
Comportamiento elegido de Usuarios VE es:

GRUPO1:
    848
Conectados: Periodo Nocturno 00:00-07:59 + 19:00-24.00
Trayecto: IDA 08:00-08:59 VUELTA 18:00-18:59
Desconectados: 09:00-17:59

GRUPO2:
    94
Conectados: Periodo Diurno 08:00-18:59
```

Al igual que en la estrategia anterior, con los dos primeros parámetros podemos escoger el tipo de día (4 = Verano festivo) y la penetración del VE en nuestro parque automovilístico (0.3 = 942 VE de un total de 3144). Tendrá sentido realizar estudios con penetración entre 0,1 y 0.5 es decir que entre el 10% y el 50% del total de vehículos sean eléctricos son simulaciones asumibles a nuestra realidad y acorde con la Estrategia Europea del Transporte 2050.

En esta estrategia los VE no están a disposición del sistema durante las 24 horas, por lo que en una simulación con una penetración improbable del 100% de VE la demanda puede aumentar en unos determinados periodos horarios tanto que la oferta sería incapaz de satisfacerla. Que exista una penetración del VE con tales porcentajes es muy improbable en el medio plazo, pero aun así la Smart-Grid toma la decisión de recargar al 100% de su carga tantos VE como sea capaz y devolverá por la interfaz del punto de recarga a aquellos que no se pueden recargar la imposibilidad de recarga de su VE y el motivo de la misma.

Los siguientes parámetros son V2G1 y V2G2 para esta simulación serán 0, lo que significa que no existirá potencia cedida del vehículo a la red en ningún momento del día.

Finalmente la variable usuarios determinara la distribución entre los dos tipos de usuarios y su comportamiento asociado. Esta variable determinara el porcentaje de cada tipo existente y toma valores entre 1 y 0. Cuanto más se acerque el valor usuarios a 1 mayor será el número de usuarios que se comportaran de la manera típica que definimos a continuación. Si la variable usuarios=0.9 existen 848 VE del total de 942 VE que tienen el comportamiento de un usuario típico.

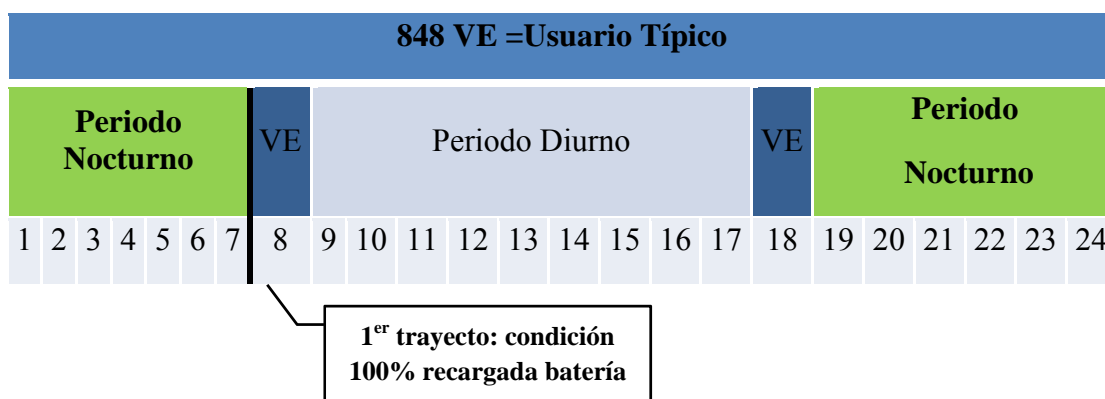


Fig.4. 17: Comportamiento del usuario atípico hora a hora.

El usuario del VE típico presenta las siguientes características:

- Desde las 19:00 de la tarde hasta las 07:59 de la mañana siguiente permanece en su domicilio, el VE no está siendo utilizado y la Smart-Grid está en disposición de establecer recargas de ese VE en esas 13 horas sin necesidad de que la recargas sea consecutiva.
- Entre las 08:00 y las 08:59 los usuarios hacen disposición del vehículo para ir a su lugar de trabajo por tanto la Smart-Grid no podrá establecer ninguna recarga de este tipo de usuarios en este tiempo al igual ocurre con el periodo entre las 18:00 y las 18:59 en las que el usuario hará uso del VE para volver a su domicilio.
- Además en esta estrategia los usuarios no tienen disposición de punto de recarga en el lugar de trabajo donde permanece 9 horas, el gestor de recargas no podrá planificar recargas entre las 09:00 y las 17:59.
- El usuario ha comunicado al gestor de recargas que el momento del día donde desea disponer del 100% de recarga en su batería son las 08:00.

El resto de usuarios de VE son los usuarios atípicos, es decir si hemos establecido que la penetración del VE sea 0.3 de los 3144 vehículos en nuestra ciudad, hay 942 VE. Hemos definido que el 0.9 de dichos VE se comporten como usuario típico. El 0.1 se comportara como usuario atípico que corresponde a 94 usuarios.

Como su propio nombre indica, el usuario atípico tiene hábitos menos comunes en nuestra sociedad y por tanto es de considerar que el tamaño de dicho grupo sea menor que el del grupo anterior.

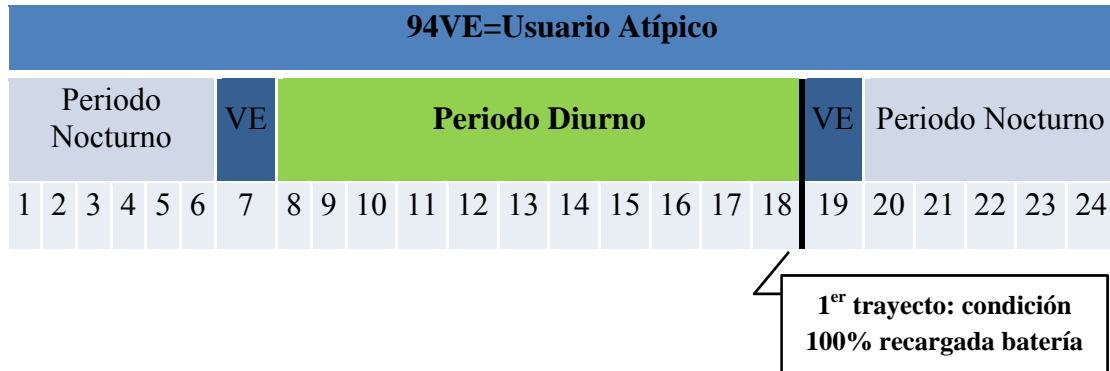


Fig.4. 18: Comportamiento del usuario atípico hora a hora.

El usuario del VE atípico presenta las siguientes características:

- Este usuario realiza sus trayectos de 07:00 a 07:59 y de 19:00 a 19:59.
- Su disponibilidad de conexión, 11 horas, es durante el día de 08:00 a 18:59 en vez de durante la noche.
- No tendrá posibilidad de conexión de 20:00 a 06:59 durante 11 horas.
- El usuario ha comunicado al gestor de recargas que el momento del día donde desea disponer del 100% de recarga en su batería son las 19:00.

### 4.3.2. Simulación de Estrategia 90%-10%

Si realizamos la siguiente simulación obtendremos los siguientes resultados:

PSOmenu4(4,.3,0,0,0.9)

Primero realizará la colocación de las recargas para los usuarios atípicos es decir existen 94VE pertenecientes al grupo2 que deben ser recargados en el Periodo Diurno de 08:00-17:59.

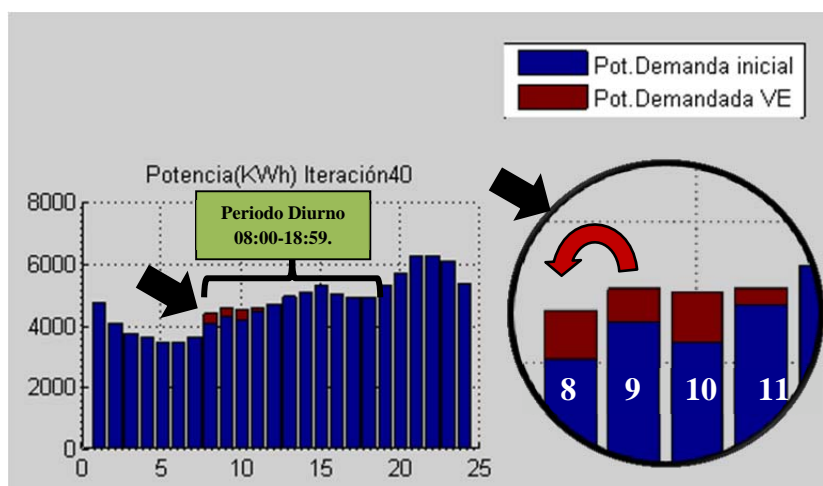


Fig.4. 19: Solución óptima parcial para los usuarios atípicos estrategia 90-10%.

Como podemos ver en la figura 4.19 coloca recargas en los cuatro primeros periodo de 08:00-11:59 a razón de 3x94 recargas, que coincide con la distribución óptima según la disponibilidad de conexión para la recarga de los VE.

Si hacemos zoom para los intervalos 8, 9, 10 y 11 podemos comprobar que la solución que nos da no está completamente suavizada. Si recargas del intervalo 9 pasaran al intervalo 8 la solución mejoraría el valor de la función objetivo, pero dicha solución no es factible pues existe una restricción física que la limita. Tanto en el intervalo 8 como en el 10 ya hemos establecido 94 recargas y si nuestra Smart-Grid colocase 10 más en este periodo de 08:00-08:59 la solución sería 104 recargas simultaneas, que es mayor a los 94 VE disponibles. Por lo tanto para este ejemplo el óptimo absoluto está limitado por la restricción del número de recargas físicamente posibles y por ello la solución óptima es colocar 94, 64, 94, 30 recargas en los respectivos cuatro periodos.

También podemos ver cómo evoluciona la función objetivo frente al número de iteraciones y el tiempo en la figura 4.20.

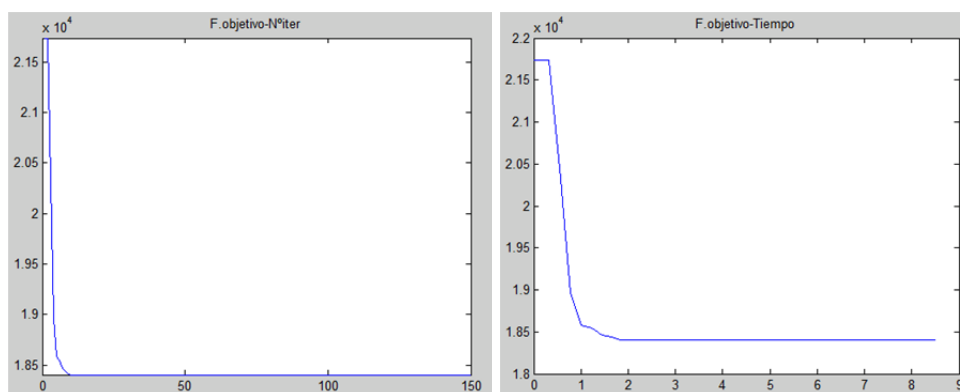


Fig.4. 20: Evolución de función objetivo usuario atípico frente a iteraciones y tiempo estrategia 90-10%.

Nuestro algoritmo PSO ha encontrado el valor óptimo en la iteración número 10 muchas menos si lo comparamos con la estrategia de 24 horas que lo encontraba en la iteración 85. Esto es debido a que el espacio de soluciones es reducido (disponibilidad 11 horas), y que hay muy pocas recargas por gestionar (3x94) mientras que el tamaño del enjambre

es el mismo 90. La propia disposición y forma del espacio de soluciones facilita la búsqueda y la rápida convergencia de los individuos que enseguida hacen 0 para el resto de componentes del vector solución y se centran en los intervalos 8, 9, 10 y 11.

Una vez realizado la gestión de los individuos atípicos hacemos lo mismo para los usuarios típicos que corresponden al 90% de los VE definidos, 848 VE. Estos vehículos pertenecientes al grupo1 están disponibles para la recarga en el Periodo Nocturno 00:00-07:59 + 19:00-23:59. Como resultado obtenemos.

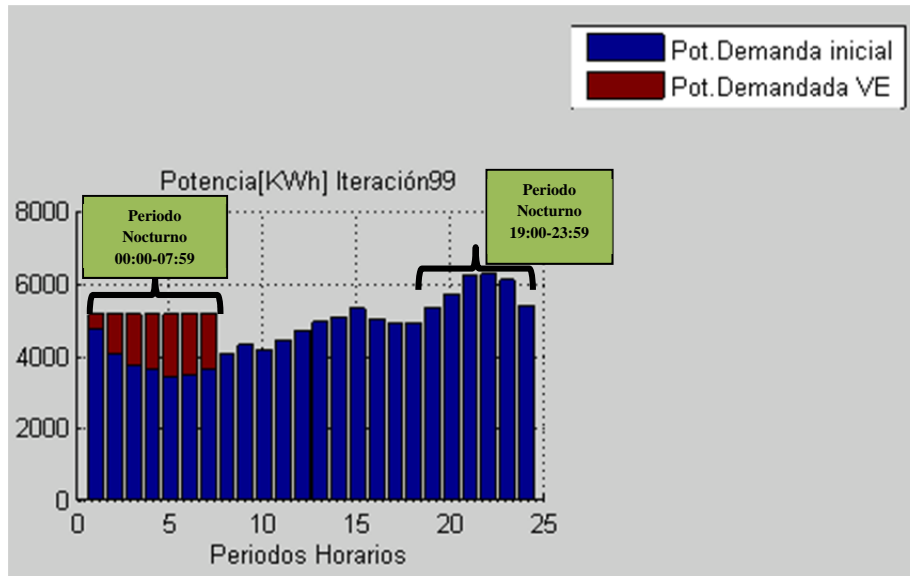


Fig.4. 21: Solución óptima parcial para los usuarios típicos estrategia 90-10%.

El algoritmo PSO localiza el valor óptimo en la iteración nº 69 y permanece otras 30 iteraciones hasta la 99 donde todas los individuos convergen en la misma solución. Podemos observar entre la iteración 25 y la 40 el mejor valor que encontró fue un mínimo local donde permaneció hasta que un individuo encontró una solución mejor y direccionó al enjambre hacia el óptimo absoluto. Como podemos ver para este ejemplo el tiempo que tarda es mayor al tiempo de la anterior estrategia debido a la mayor complejidad del problema.

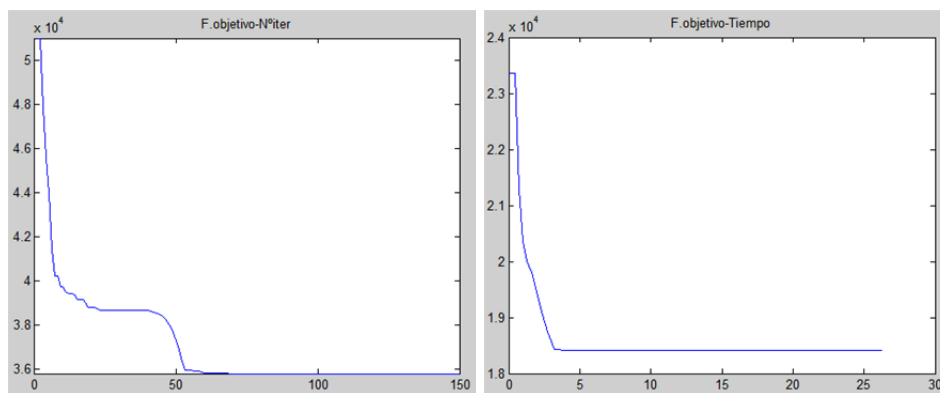


Fig.4. 22: Evolución de función objetivo usuario típico frente a iteraciones y tiempo ejemplo estrategia 90%-10%.

La solución final está representada en la figura 4.23.

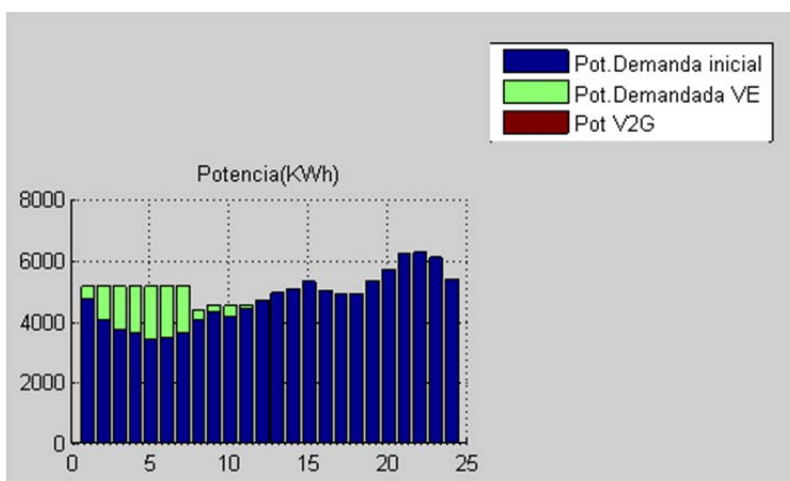


Fig.4. 23: Solución final ejemplo estrategia 90%-10%.

En los periodos donde el gestor tiene la posibilidad de establecer recargas para la gran mayoría de nuestros VE, hemos conseguimos aplanar la curva. Pero al establecer que el 90% de los usuarios abandonan su domicilio a las 07:59 y ser nuestro problema discreto, se genera un salto pronunciado en la nueva demanda, la cual baja drásticamente a las 08:00 al dejar de estar el 90% de los coches a disposición del gestor. Tras ese momento solo disponemos del 10% de nuestra flota para aplanar la curva.

Este resultado, nos sirve para darnos cuenta de varios puntos. En primer lugar un comportamiento muy homogeneizado de todos los usuarios de VE: todos se conectan se desconectan a la vez, viajan en los mismos momentos del día... puede crearnos nuevos saltos en la curva de demanda.

Por otro lado es muy importante que la comunicación entre el VE-estación de recarga debe de ser total. Esta simulación es un veranos festivo mientras que los usuarios del VE mantienen las mismas condiciones de recarga que habían establecido para un día laborable. Muchos usuarios podrían haber definido para este día festivo condiciones menos restrictivas como condicionar el 100% de la carga en vez de a las 08:00 a las 12:00 o incluso definir que no van a hacer uso del VE.

En este tipo de día, para una mayor optimización del sistema, debe de poder definir de antemano otro perfil para los días festivos por ejemplo, si no va a hacer uso del VE o si lo hace pero no a primera hora de la mañana. Así, el gestor de recargas podrá disponer de mayor flexibilidad a la hora de establecer el momento de recargar.

Esta simulación nos sirve para poner en relevancia como de importante es disponer de una información veraz y actualizada por parte del sistema de recargas permanentemente.

Los resultados de esta estrategia de usuarios 90%-10% para todos los días y penetraciones figuran en el Anexo IV.

## 4.4. Estrategia V2G

### 4.4.1. Funcionamiento del algoritmo

En esta estrategia hemos realizado un estudio similar al anterior, pero introducimos dos variables nuevas, que son V2G1 y V2G2. En el caso anterior sin posibilidad de realizar V2G asignábamos a estas variables el valor 0.

Ahora si el valor para cada uno de ellos en vez de ser 0 es 1, quiere decir que los usuarios del grupo 1 típico o del grupo2 atípico permiten realizar V2G. Debemos establecer ciertas condiciones adicionales para esta estrategia:

- A. La realización de V2G está limitada por la condición que ha impuesto el usuario de tener el 100% de la carga de su batería antes de su primer trayecto.
- B. El usuario dispondrá tanto de un punto de conexión tanto en su domicilio, como en su lugar de trabajo.
- C. En esta estrategia el tiempo destinado a realizar V2G y a recargar la batería de un VE no son coincidentes. Como ejemplo un VE de un usuario típico, que en la estrategia anterior su periodo de recarga era el nocturno 19:00-07:59, podrá realizar V2G en el periodo diurno de 09:00-17:59.
- D. La Smart-Grid podrá obtener energía de los coches tal que no comprometa el trayecto de vuelta al hogar y bajo la misma premisa que enunciábamos antes en la que la batería nunca estará por debajo del 54% de su capacidad.
- E. El comportamiento de un VE durante un día se resumirá en los siguientes pasos:
  - El VE está cargado al 100% antes de realizar el trayecto de ida.
  - Se descarga la batería en el trayecto.
  - El gestor calcula la cantidad de energía que puede ceder el VE tal que tras realizar el trayecto de vuelta no tenga menos del 54% de su capacidad.
  - El gestor define cuando el VE cede energía para que la red eléctrica obtenga la máxima eficiencia aplanando la curva de demanda.
  - El VE regresa al domicilio descargándose en el trayecto de vuelta.
  - El VE se conecta para ser recargado.
  - El gestor define las recargas cumpliendo el 100% de recarga del VE para el primer trayecto del día siguiente.

Los usuarios atípicos realizan estos mismos pasos, pero estos tendrán que tener su VE cargado a las 19:00 que es cuando realizan su primer trayecto y podrán realizar V2G en el periodo nocturno.

- F. Todos los usuarios van a realizar trayectos en este caso de 60 km diariamente, por tanto harán un consumo de 8.9 kWh, permitiendo hacer una cesión de 2.2 kWh.

El comportamiento de todos los usuarios está representado en la figura 4.24.

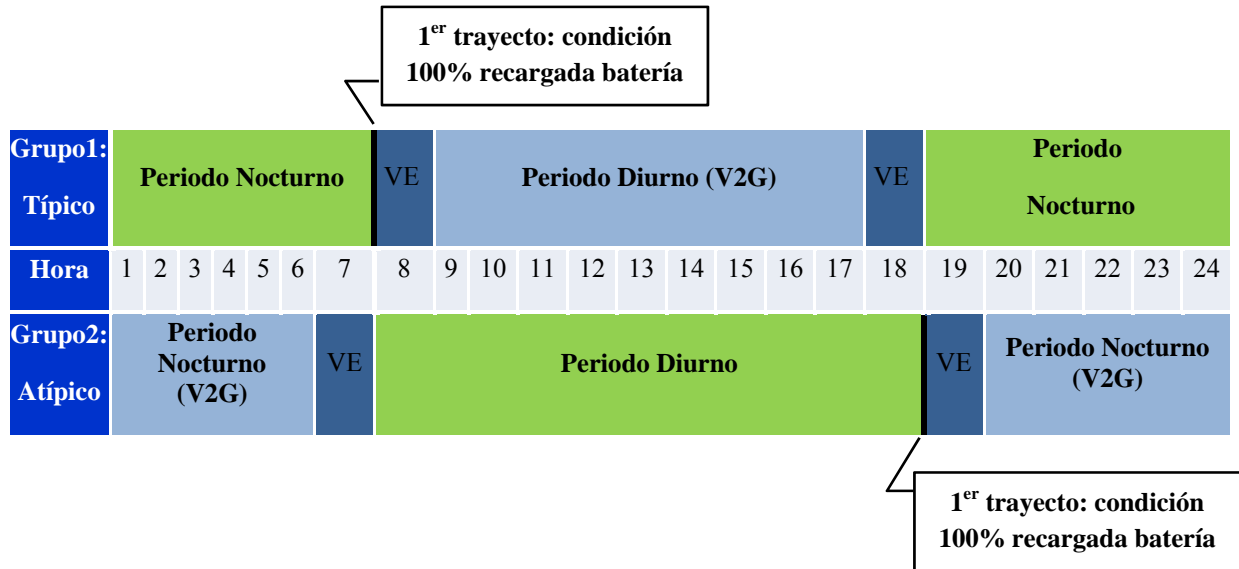
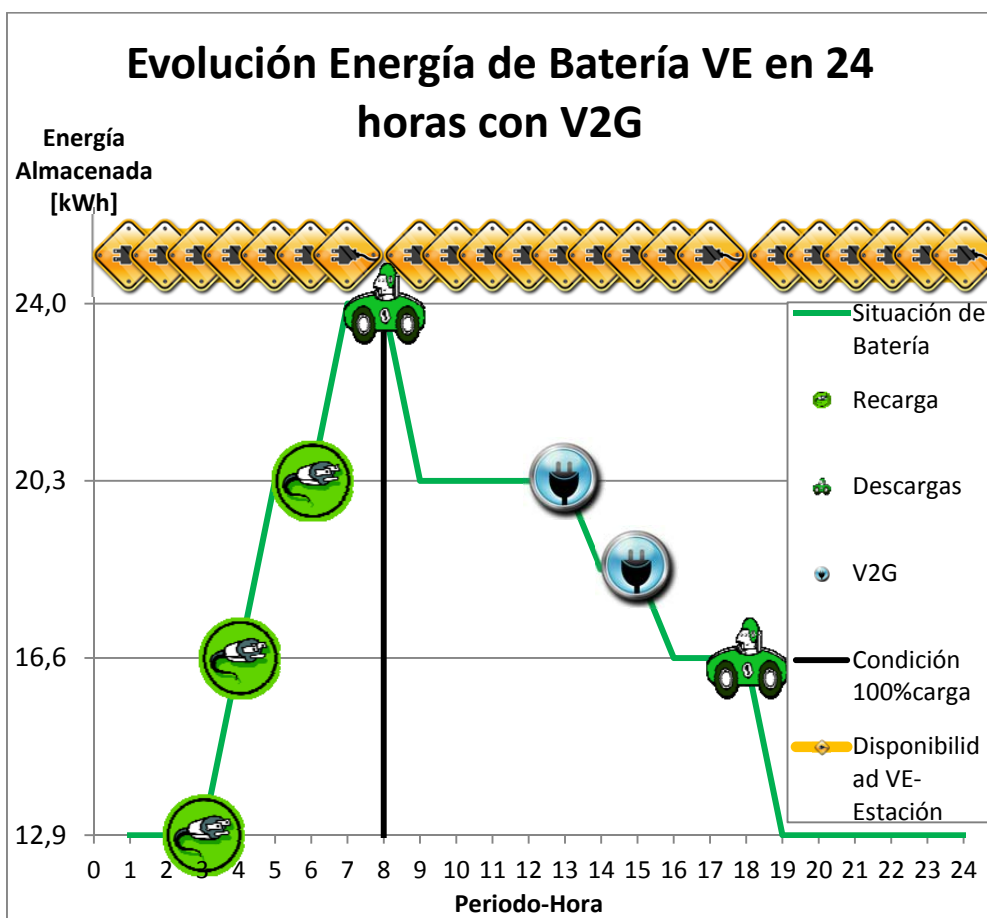


Fig.4. 24: Comportamiento del usuario típico y atípico con V2G.

Por tanto los VE pertenecientes al grupo1 (usuario típico) pueden ceder energía al sistema entre las 9:00 y las 17:59. Mientras que aquellos VE del grupo2 (usuario atípico) podrá ceder energía al sistema de 20:00 a 06:59.

Según los condiciones antes enunciadas también podemos representar la evolución de la energía almacenada en una batería de un VE. A continuación se muestra un ejemplo de la evolución de una batería.





**Fig.4. 25:** Ejemplo de posible evolución de una batería para un VE a lo largo de un día pudiendo hacer V2G.

Lo que los VE no harán será ceder energía en el periodo destinado a recargar el VE puesto que podría poner en peligro la condición de que el usuario no obtuviese la suficiente autonomía al día siguiente. Además, las baterías si no realiza ciclos completos de recarga, como se vió en el capítulo 2, se traduce en el efecto memoria y la reducción de su vida útil. Lo que queremos evitar que, entre las 19:00 de la tarde a las 07:00 de la mañana siguiente, las baterías realicen alternativamente recarga y descarga por V2G. De producirse con alta periodicidad conllevaría a un envejecimiento prematuro de las baterías.

## 4.4.2. 1ª Simulación Estrategia V2G

Realizamos la siguiente simulación.

PSOmenu4(2,0.3,1,1,0.9)

```
Has elegido Invierno Festivo
Nº coches total es:
    942

Comportamiento elegido de Usuarios VE es:
GRUPO1:
    848

Conectados: Periodo Nocturno 00:00-07:59 + 19:00-24.00
Trayecto: IDA 08:00-08:59 VUELTA 18:00-18:59
V2G: posibilidad 09:00-17:59

GRUPO2:
    94

Conectados: Periodo Diurno 08:00-18:59
Trayecto: IDA 07:00-07:59 VUELTA 19:00-19:59
V2G: posibilidad 20:00-06:59
```

El proceso es el siguiente. Primero, el gestor sitúa todas las recargas garantizando la carga del 100% en el primer trayecto para cada grupo. Obteniendo los siguientes resultados en la figura 4.26.

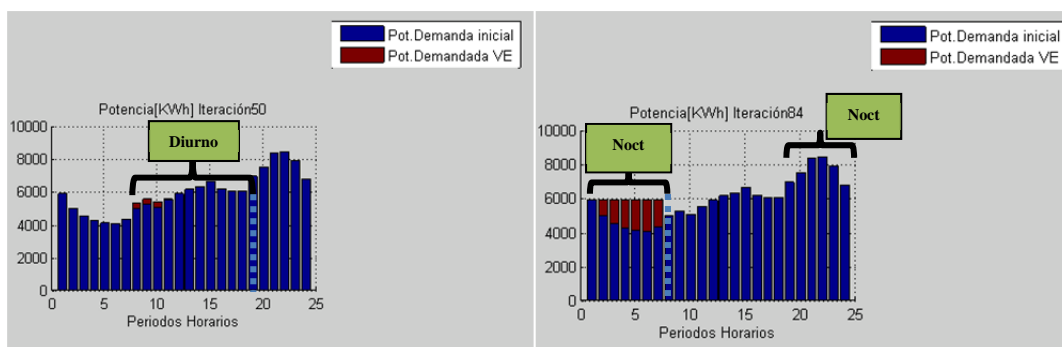


Fig.4. 26: Distribución de recargas para los usuarios atípicos y típicos estrategia V2G.

Como en las estrategias anteriores obtenemos resultados similares de tiempos de cálculo, iteraciones y convergencias de partículas que ya hemos analizado anteriormente y no vamos a repetir.

Una vez la Smart-Grid ha garantizado que todas las recargas se han producido y por tanto garantiza los trayectos de los VE, nos podemos preocupar de mejorar la gestión del excedente de energía y por tanto, como hemos definido que todos los VE poseen el mismo excedente, el algoritmo PSO distribuirá la cesión de energía a la red de la forma óptima, representado en la figura 4.27.

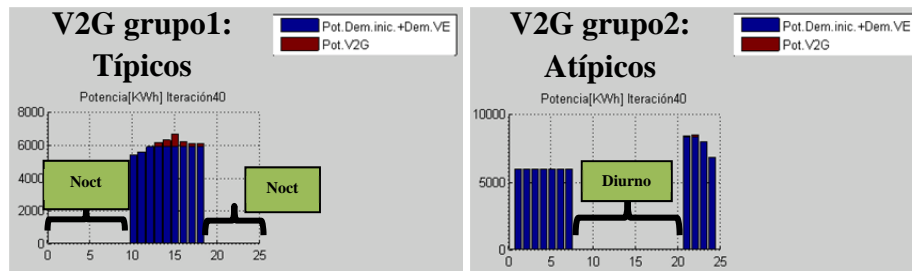


Fig.4. 27: Cesi3n de recargas para los usuarios t3picos y at3picos estrategia V2G.

Para obtener como resultado final la figura 4.28, distribuci3n de recargas y realizaci3n de V2G.

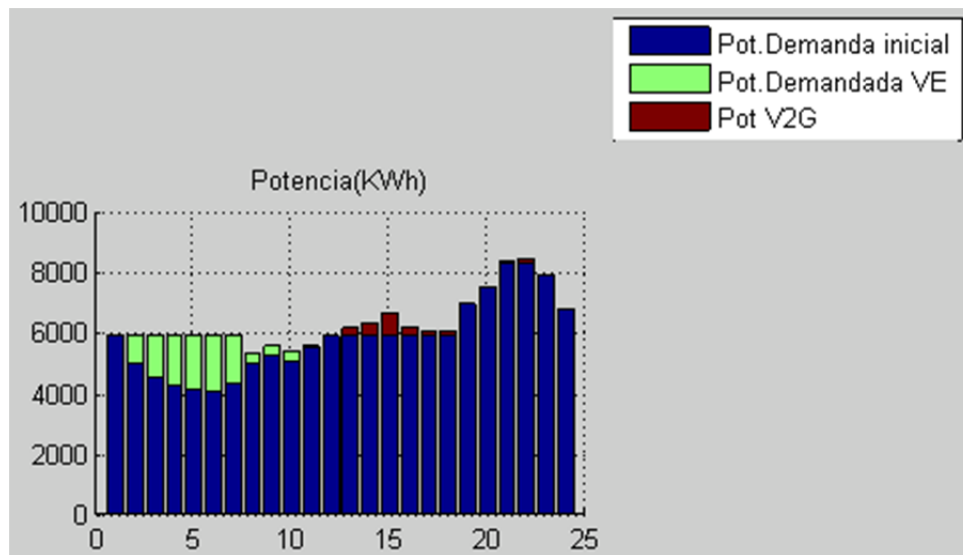


Fig.4. 28: Soluci3n final ejemplo V2G.

Como se aprecia en la figura 4.28, el haber limitado la realizaci3n de V2G, hace que los VE pertenecientes al grupo1 mayoritario (usuarios t3picos), no puedan ceder energ3a a la red en el tiempo en el que el VE est3 en el domicilio, definido como su periodo para recarga. Este periodo est3 reservado para que todos los VE sean recargados al 100% antes de las 08:00. Por tanto no conseguimos utilizar este excedente mayoritario de energ3a en los momentos en los que la demanda es m3xima, que se produce entre las 20:00 y las 23:00, cuando la mayor3a de las personas est3n en su domicilio, haciendo uso de los diferentes electrodom3sticos y funcionando el alumbrado.

En la figura 4.29 vemos por un lado como el gestor establece una distribuci3n 3ptima para las recargas. Por otro lado la casi totalidad de energ3a excedente de nuestro sistema pertenece al grupo1 de VE. Dicho excedente se utiliza como V2G en las zonas de mayor demanda del periodo diurno. Los VE pertenecientes al grupo 2 realizan V2G en el periodo nocturno, donde se encuentra el m3ximo diario de demanda, pero al ser este una grupo poco numeroso, no tiene pr3cticamente repercusi3n en la disminuci3n de la punta de demanda.

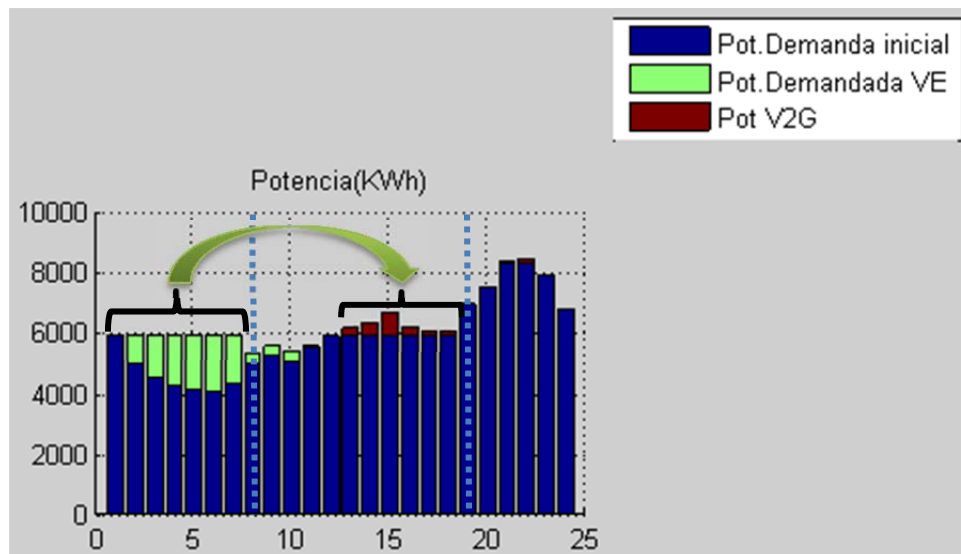


Fig.4. 29: Cesión de V2G y limitaciones a la V2G por parte de los usuarios típicos.

Esta estrategia puede ser optimizada, estableciendo alguna condición tal que sigan realizándose ciclos de carga/descarga completos pero disminuyamos la potencia en punta como veremos en la próxima estrategia, pero antes vamos a presentar una segunda simulación tal que sean los propios VE los que satisfagan la demanda de otros VE.

#### 4.4.3. 2ª Simulación Estrategia V2G

En esta estrategia los perfiles de disponibilidad para uno y otro tipo de usuarios son muy parecidos (ambos tipos de usuarios están conectados a la red en todo momento exceptuando cuando el VE realiza trayectos), por tanto podríamos simular que ambos grupos típicos y atípicos no tengan tanta diferencia en tamaño.

En esta segunda simulación suponemos que ambos grupos acuden al trabajo entre las 07:00-07:59 y las 08:00-08:59 y regresan a su domicilio entre las 18:00-18:59 y las 17:00-17:59. Pero la diferencia es que un grupo ha establecido la condición de 100% de recarga antes del trayecto de ida y el otro grupo antes del trayecto de vuelta, lo que a su vez define los periodos de recarga y V2G como en la simulación anterior.

Los usuarios del grupo1 establecen la condición de 100 % de recarga en su primer trayecto a las 08:00, mientras que los usuarios del grupo 2 establecen esta condición para su segundo trayecto a las 17:00. Consecuentemente a esta condición quedan determinados los periodos de recarga y V2G. Vamos a realizar otra simulación tal que introducimos más penetración del VE y no existe tanta diferencia en el tamaño de ambos grupos.

Como simulación introducimos una alta penetración del VE donde la mitad del parque automovilístico son VE, y ambos grupos se componen en 65% el grupo1 frente a 35% grupo2 del total de VE presentes en la ciudad. Introducimos los siguientes datos:

PSOmenu4(3,0.5,1,1,0.65)

Has elegido Verano Laborable  
Nº coches total es:  
1571

Comportamiento elegido de Usuarios VE es:  
GRUPO1:  
1021

Conectados: Periodo Nocturno 00:00-07:59 + 19:00-24.00  
Trayecto: IDA 08:00-08:59 VUELTA 18:00-18:59  
V2G: posibilidad 09:00-17:59

GRUPO2:  
550

Conectados: Periodo Diurno 08:00-18:59  
Trayecto: IDA 07:00-07:59 VUELTA 19:00-19:59  
V2G: posibilidad 20:00-06:59

Obtenemos para esta simulación el siguiente resultado final:

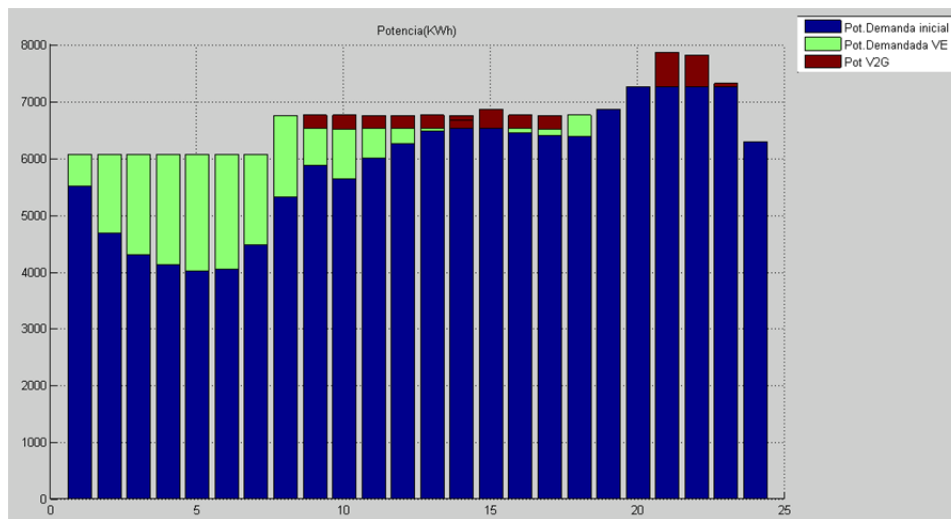


Fig.4. 30: Solución final ejemplo V2G.

Como era de suponer, al haber introducido una mayor cantidad de VE, la cantidad de almacenaje de energía que adquiere el sistema es mayor y por tanto aumenta las posibilidades de la V2G.

Para esta simulación cabe destacar varias cosas. La primera es que con grandes capacidades de almacenamiento la posibilidad de disminuir la punta de demanda diaria es más significativa, es decir, los 550 VE del grupo2 ahora ceden al sistema alrededor de 1200 kWh de energía lo que para este ejemplo en particular se traduce en reducir 600 kW el valor en punta de potencia demandada.

Por otro lado, al haber introducido 550 VE que deben estar cargados al 100% en su trayecto de vuelta a las 18:00, aumenta la demanda para su zona de recarga diurna entre

las 08:00 y las 18:59. Pero no supone ningún problema, pues en este ejemplo los VE del grupo1 que fueron cargados durante la noche son los que ceden la energía para cargar los VE del grupo2.

Por último, al igual que ocurre con la demanda energética anterior a la introducción del VE, existe según los hábitos de consumo, periodos tradicionalmente de punta de demanda entre las 20:00 y las 23:00.

Bajo las nuevas condiciones y con altas cantidades de almacenamiento para realizar V2G tendremos 2 periodos más expuestos que no significa que se conviertan puntas de demanda pero deben ser tenidos en cuenta.

Estos periodos son en los que los hábitos de utilización del VE hacen que la cantidad de VE conectados sea menor y los que estén conectados necesitan ser cargados. Así ocurre entre las 08:00 y 08:59, donde la mayoría de los coches (grupo1: 1021 VE) están realizando su primer trayecto (no pueden hacer V2G) y los que están conectados (grupo2: 550 VE) necesitan ser recargados en esas primeras horas (08:00 a 10:00). Esta zona estará más expuesta si lo comparamos con el resto de periodos donde sí se puede suplir la nueva demanda de VE con V2G.

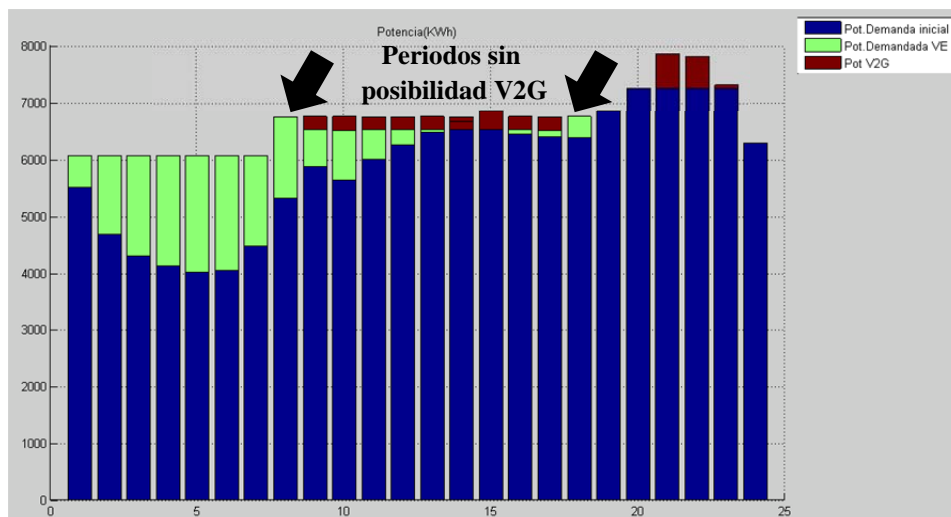


Fig.4. 31: Solución final ejemplo V2G.

En cualquier caso para el siguiente estudio veremos la posibilidad que sean el grupo mayoritario de vehículos (usuario tipo) los que al regresar a su casa y al enchufar el VE, como ya no poseen la necesidad de realizar ningún viaje, cedan todo el excedente de energía hasta el límite de su reserva de seguridad que les quede de tal manera que sean ellos mismos los que estén “satisfaciendo” la demanda en aumento debido a los electrodomésticos en el hogar y la iluminación de la ciudad, posteriormente cuando esta demanda disminuya en la madrugada, el gestor de recargas perciba este descenso en la demanda y vuelva a definir recargar el VE.

Los resultados de la estrategia V2G con periodos de recarga y V2G no coincidentes figuran en el Anexo V.

## 4.5. Estrategia V2G-Punta de demanda

### 4.5.1. Funcionamiento del algoritmo

Como hemos podido ver en la estrategia anterior no hemos podido sacar todo el partido a la V2G pues no conseguíamos reducir la punta de demanda diaria debido a que limitábamos los periodos destinados a la carga y a la realización de V2G, ahora vamos a buscar otra estrategia mejorando la anterior también basándonos en estrategias V2G con el objetivo de reducir la punta de demanda.

Para este caso en comparación con el anterior en el que era preestablecido que los VE realizaran todos los trayectos de 60 km, ahora los VE podrán realizar distintos trayectos siguiendo la distribución de uso para vehículos de uso personal presente en el capítulo 2 (figura 2.11) de este proyecto.

Definimos para esta estrategia:

- A. Los usuarios de VE pertenecerán a tres grupos diferenciados:
  - los que realizan menos de 16 km.
  - los que realizan entre 16 y 30 km.
  - los que realizan entre 31 y 50 km.
- B. No habrá ningún usuario que realice más de 50 km de distancia diaria y los usuarios dentro de cada uno de estos grupos se distribuyen siguiendo una normal entre los valores límite y manteniendo que el trayecto de ida y vuelta son similares.
- C. La mejora que introducimos frente al caso anterior en la gestión, es que el gestor habiendo recogido los datos históricos de recargas previas y una vez establecida una distribución de recargas para el día en cuestión, realiza una búsqueda de cuando ha establecido la primera recarga del VE, posteriormente a dicha recarga no podrá realizar V2G. De esta manera seguimos manteniendo la premisa de que los ciclos de carga/descarga son completos.
- D. Para este caso, un VE de usuario típico podrá hacer V2G en prácticamente todo las horas del día, salvo desde la primera recarga hasta el momento en el que ha preestablecido la condición de recarga 100%. Por tanto nuestra red es más inteligente y la capacidad de optimizar es mayor, pero sobretodo es capaz de utilizar la energía almacenada por los VE del grupo mayoritario para reducir la demanda en punta.

Así un ejemplo del comportamiento de la batería de un VE perteneciente a un usuario típico sería el siguiente. Dicho VE tiene un trayecto entre 16 y 30 km por ejemplo 25 km supondría un consumo de 3.7 kWh en total es decir 1.85 kW para cada trayecto. Por tanto el coche podrá ceder hasta 7.4 kWh al sistema. Así si lo representamos en un diagrama para las 24 horas.

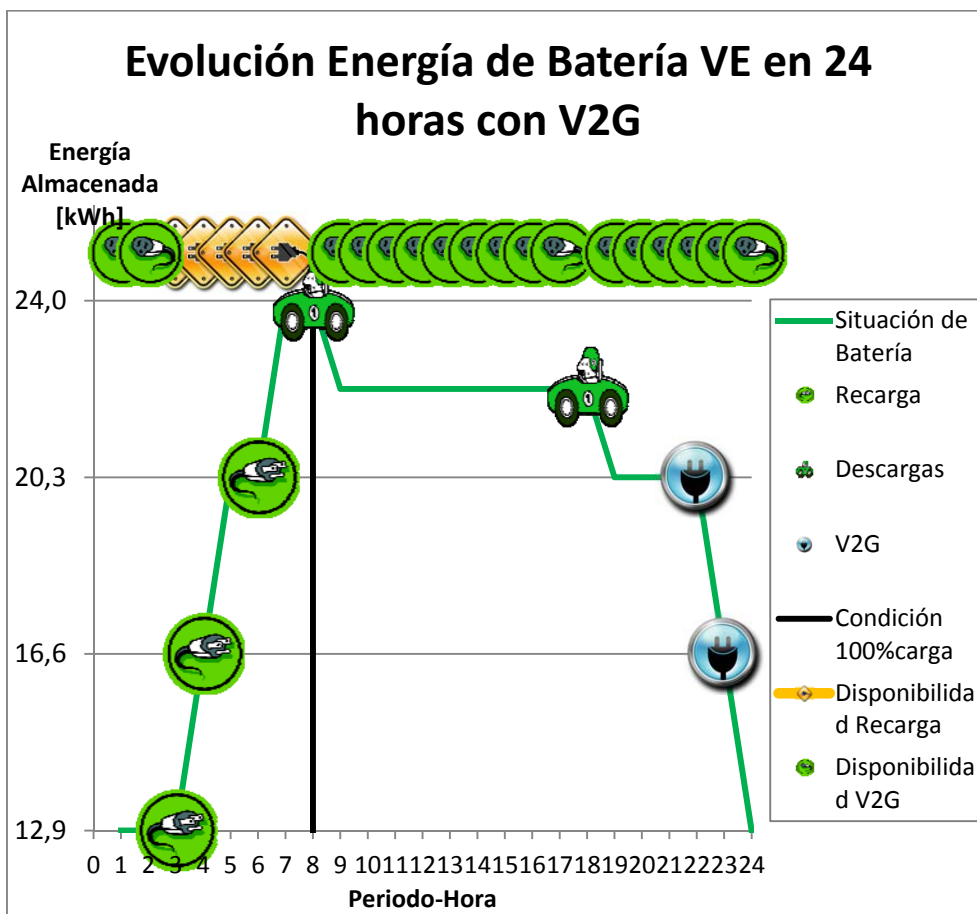


Fig.4. 32: Ejemplo de posible evolución de una batería para un VE a lo largo de un día pudiendo hacer V2G.

#### 4.5.2. 1ª Simulación Estrategia V2G-Punta de demanda

Introduciendo una alta penetración del VE, donde la mitad del parque automovilístico son VE y mantenemos la relación 90%-10% de usuarios. Solo realizan V2G el grupo mayoritario. Simulamos:

PSOmenuV2G(1,0.5,1,0,0.9)



Has elegido Invierno Laborable  
Nº coches total es:  
1571

Comportamiento elegido de Usuarios VE es:  
GRUPO1:  
1414

Conectados: Periodo Nocturno 00:00-07:59 + 19:00-24.00  
Trayecto: IDA 08:00-08:59 VUELTA 18:00-18:59  
V2G: posibilidad 09:00-1ªrecarga para siguiente día.

GRUPO2:  
157

Conectados: Periodo Diurno 08:00-18:59  
Trayecto: IDA 07:00-07:59 VUELTA 19:00-19:59  
Desconectados: 20:00-06:59

Obteniendo como resultado:

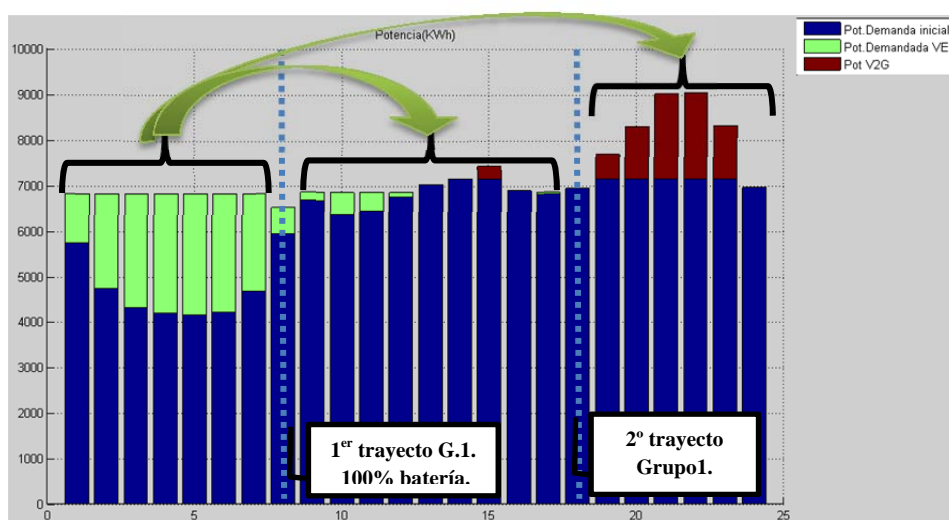


Fig.4. 33: Solución final ejemplo V2G--Punta de demanda.

Como podemos ver en el resultado de esta estrategia la gran mayoría de coches se recarga por la noche, hemos establecido una inteligencia tal que lo único que limita la realización de V2G es la primera recarga, es decir tras establecer la primera recarga para cumplir el tener 100% de la batería para el primer trayecto un VE no podrá realizar V2G pero tanto tras realizar el primer trayecto hasta realizar la primera recarga para el día siguiente podrá realizar V2G. Por tanto podemos sacar mayor partido a V2G. Para esta simulación, con una gran cantidad de VE (penetración del 0.5) llegamos a una solución en la que prácticamente toda la curva es plana siendo la diferencia entre el valor mínimo y máximo de potencia demandada menor a 500 kW que coincide con el objetivo que perseguimos en esta estrategia junto con la disminución del valor de punta de demanda.

Los resultados de esta estrategia V2G en punta figuran en el Anexo VI.

## 4.6. Estrategia Final

### 4.6.1. Funcionamiento del algoritmo

En esta última estrategia introduciremos mejoras sobre las anteriores ya expuestas. Vamos a hacer un estudio en el que englobemos todas las estrategias que hemos utilizado anteriormente. Para ello haremos uso de la siguiente función.

```
PSOmenuBIGCITY(Dia,penet,V2G1,V2G2,V2GNOUSA,usuarios,usuarioNOUSA,  
                usuarioVEAP)
```

La base de esta nueva estrategia es introducir en la gestión de recargas nuevos tipos de usuarios y de vehículos. Para ello haremos uso de las variables `usuarioNOUSA` y `usuarioVEAP`. La variable `usuarioNOUSA` hace referencia a usuarios que siguen un perfil similar a la estrategia de 24 horas, es decir un usuario que para ese día no va a utilizar el VE y así se lo ha comunicado al gestor de recargas. Ahora el gestor de recargas podrá utilizar esta flota de vehículos para optimizar la curva de demanda mediante la realización de V2G. Es decir, podemos utilizar estos vehículos como una ventaja en nuestra gestión con total libertad siempre y cuando dichos usuarios hayan permitido la realización de V2G y al final del día el VE permanezca por encima de su reserva de seguridad.

Definimos por tanto la variable `usuarioNOUSA` como el porcentaje de VE sobre el total del parque automovilístico que no van a hacer trayectos en ese día y el usuario ha puesto en disposición del gestor de recargas. Si representamos como ejemplo el comportamiento que puede seguir la batería de este tipo de usuarios es el siguiente.

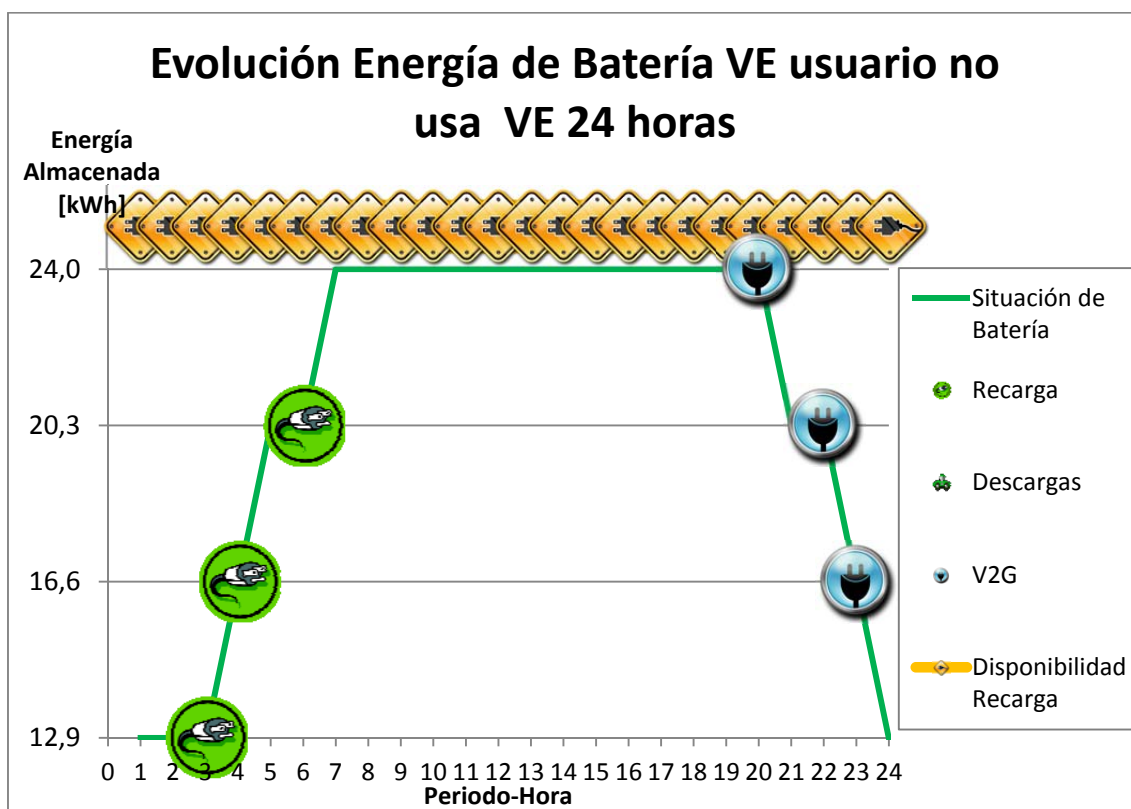


Fig.4. 34: Evolución Energía de Batería VE usuario no usa VE 24 horas

Introducimos además otra nueva variable, `usuarioVEAP` para uno nuevo tipo de usuario y de VE. Hasta el momento todas nuestras estrategias estaban basadas en el VE tipo que era un vehículo eléctrico puro con 160km de autonomía, según las características de VE puros que existían en el mercado y según la web Movele [12].

Como vimos en el capítulo 2, las tecnologías en los VE han avanzado enormemente en términos de autonomía, pero sigue existiendo el problema de no poder realizar viajes largos con el VE puro. Para tener en un mismo coche la posibilidad de realizar los trayectos diarios bajo la tecnología eléctrica más barata y comprometida con el medio ambiente y poder realizar trayectos más largos por ejemplo en fines de semana. Hemos definido en esta estrategia otro tipo de VE, un vehículo eléctrico de autonomía prolongada. El R-EVE (Range Extended Electric Vehicle) se comunica con el gestor de recargas igual que en el VE, pero el R-EVE con el que trabajamos en esta estrategia posee otras características basadas en las características de los modelos más famosos de esta tecnología que son el Chevrolet Volt, Opel Ampera y el BMW i3 REX.

	Coche					batería			
R-EVE	Vmax km/h	PotMax	Autonom km	Autonom Extend km	Consumo Wh/km	Capacidad kWh	Voltaje V	t <sub>recarg</sub> h	Ciclos vida
Chevrolet Volt	160,0	111,0	83,0	583,0	133,0	16,0	370,0	4,0	2000
Opel Ampera	160,0	111,0	83,0	583,0	130,0	16,0	290,0	4,0	2000
BMW i3 REX	150,0	170,0	170,0	300,0	115,0	21,6	360,0	6,0	2000
<b>R-EVE tipo</b>	<b>150</b>	<b>130,0</b>	<b>120,0</b>	<b>400,0</b>	<b>135,0</b>	<b>16</b>	<b>340,0</b>	<b>5,0</b>	<b>2000</b>

Fig.4. 35: Vehículos Eléctricos de Autonomía Prolongada y R-EVE tipo

Por tanto el R-EVE posee una autonomía puramente eléctrica que alcanza los 120 km pero puede aumentar hasta los 400 km haciendo uso de su motor térmico.

- El perfil del usuario del R-EVE no necesita reserva de seguridad para emergencias o circunstancias no previstas, pues los R-EVE poseen el depósito adicional con el que funcionan aun estando la batería al 0% de carga.
- Fijamos que los usuarios de los R-EVE a través de su BMS (Battery Managment System) demandan realizar recargas durante dos horas lo que les permite alcanzar 7.4 kWh y realizar 55 km adicionales en modo eléctrico a diario.
- Debido a su menor capacidad de las baterías, los usuarios no han comunicado al gestor de recargas el permiso para realizar V2G.

El usuario se comporta siguiendo el siguiente perfil donde:

- El gestor puede establecer las recargas en el periodo nocturno, desde las 18:00 hasta las 07:59.
- Realiza trayectos de 08:00-08:59 y de 17:00-17:59.
- No está conectado en el periodo diurno de 09:00-16:59.

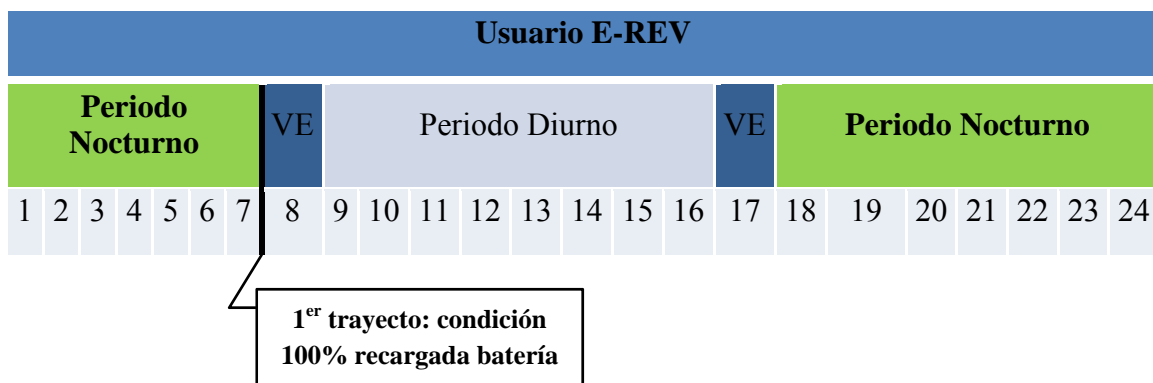


Fig.4. 36: Comportamiento del usuario de E-REV.

Y finalmente podemos representar un ejemplo del posible comportamiento de un R-EVE en nuestro estudio.

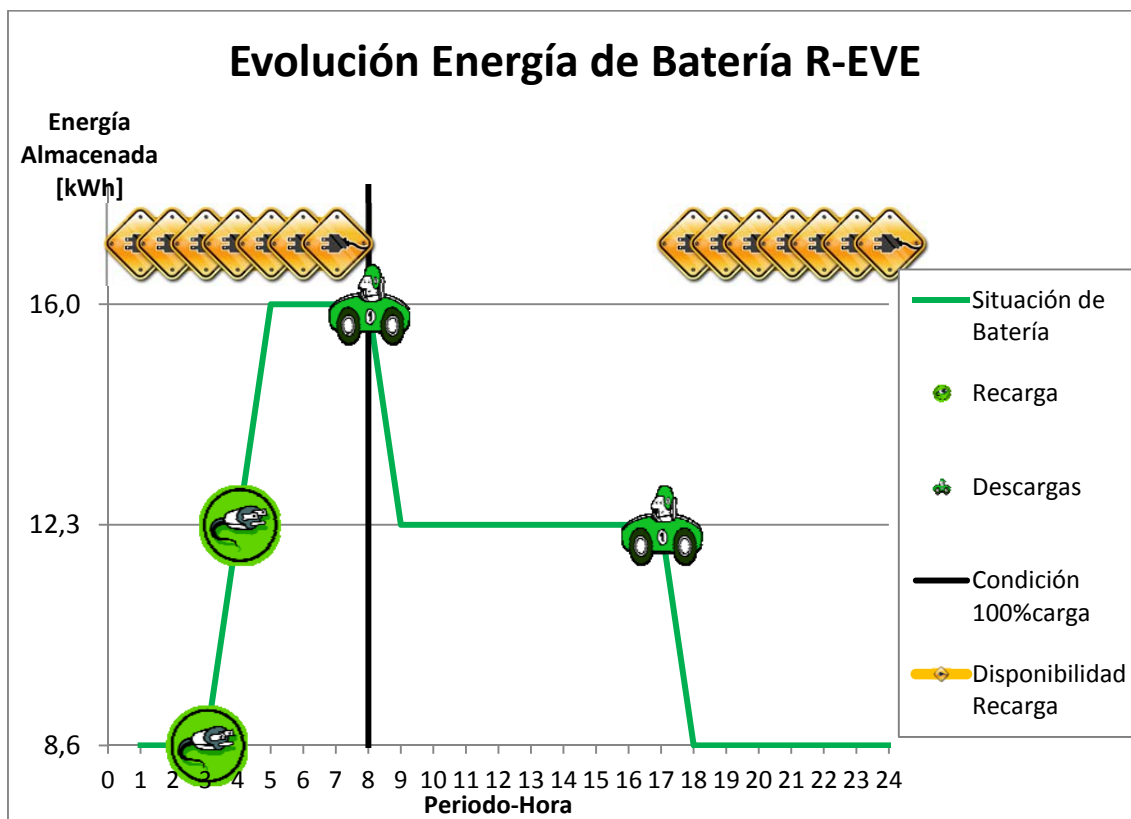


Fig.4. 37: Ejemplo de posible evolución de una batería para un R-EVE a lo largo de un día.

## 4.6.2. Simulación Estrategia Final

Para esta estrategia introducimos los siguientes valores de simulación:

```
PSOmenuBIGCITY( 1,0.3,1,0,1,0.9,0.2,0.2 );
```

Obteniendo la siguiente descripción en la interfaz del Matlab:

```
Has elegido Invierno Laborable
Nº coches totales VE y R-EVE es:
    1571

Comportamiento elegido de Usuarios VE es:
GRUPO1:
    848

Conectados: Periodo Nocturno 00:00-07:59 + 19:00-24.00
Trayecto: IDA 08:00-08:59 VUELTA 18:00-18:59
V2G: posibilidad 09:00-1ªrecarga para siguiente día

GRUPO2:
    94
Conectados: Periodo Diurno 08:00-18:59
Trayecto: IDA 07:00-07:59 VUELTA 19:00-19:59
Desconectados: 20:00-06:59

GRUPO3: VE no van a ser usados durante el día
    314
Conectados: 24 horas
V2G: Su recarga se usa para V2G

GRUPO4: R-EVE
    314
Conectados: Periodo Nocturno 00:00-07:59 + 18:00-24.00
Trayecto: IDA 08:00-08:59 VUELTA 17:00-17:59
V2G: Los R-EVE no realizan V2G
```

Obtenemos como solución final la representada en la figura 4.38.

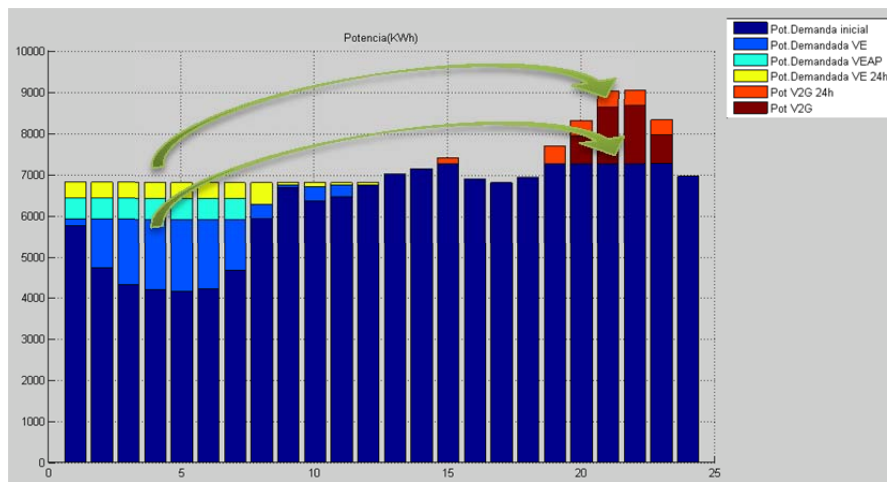


Fig.4. 38: Solución final simulación estrategia final invierno laborable.

Lo importante de esta estrategia es la prioridad que le da a unos grupos frente a otros en la colocación de recargas. Nuestro algoritmo trabaja colocando las recargas siguiendo un orden preestablecido. Da prioridad a la colocación de aquellos grupos que suponen un mayor número de vehículos, una menor disponibilidad de las horas de conexión con el punto de recarga y una energía demandada mayor dependiendo de la capacidad de batería del VE.

Así pues, nuestro algoritmo lo primero que realiza es la colocación de los usuarios típicos y atípicos que son por un lado más numerosos sus baterías demandan más energía pues su capacidad es mayor, poseen ratios de disponibilidad menores y realizan V2G.

Tras ellos distribuya las recargas de los vehículos eléctricos de autonomía prolongada, que poseen por un lado mayor disponibilidad que los anteriores, 14 horas según el usuario que hemos definido, pero sobre todo demandan menor energía que el VE tipo del anterior grupo.

Finalmente están el grupo de VE que han comunicado al gestor de recargas que no necesitan ser recargados en ese día pero que ceden su capacidad de almacenamiento para realizar V2G de la mejor manera que el gestor considere.

El gestor calcula la mejor manera de utilizar la V2G para minimizar la potencia en punta del día estudiado, tanto para los usuarios típicos que la han permitido como para los aquellos usuarios que comunicaron la disponibilidad de su VE para ser usado por el gestor de recargas.

Como podemos destacar de este estudio el hecho de poseer cierta cantidad de VE que no se van a utilizar en el día y ser conocida dicha información por el gestor de recargas, potencia al máximo las posibilidades de la realización de V2G, e incluso permite que la penetración del VE que nuestra red puede llegar a soportar aumente considerablemente.

Destacar que en esta última simulación teníamos una penetración entre VE y E-REVE del 50% del parque automovilístico y en ningún momento la potencia demandada tras la planificación de todas las recargas supera los 7500 kW y siendo la demanda de potencia



en punta inicial superior a los 9000 kW. Por tanto de este estudio final es destacable la importancia de la veracidad de la información tratada por el gestor posibilita una mayor eficiencia y una mejor optimización como en el caso anterior en el que prácticamente conseguimos curvas completamente planas.

En contraposición con la simulación anterior, en la figura 4.39, simulando para un invierno no laborable para iguales datos de entrada, podemos ver como siguiendo la secuencia de prioridades para la gestión de recargas, nuestro algoritmo a localizado las recargas del grupo de los VE con completa disposición del gestor de recargas (VE 24 horas) en los periodos en los que la mayoría de nuestros VE y R-EVE no están a disposición del gestor. Así en esta simulación teniendo los mismos datos de entrada, establece la recarga de los VE conocidos como VE 24 horas en el nuevo valle formado tras la entrada de los VE pertenecientes a los grupos mayoritarios o con menor disponibilidad, obteniendo una curva prácticamente estable en torno a 6500 kW de potencia instantánea.

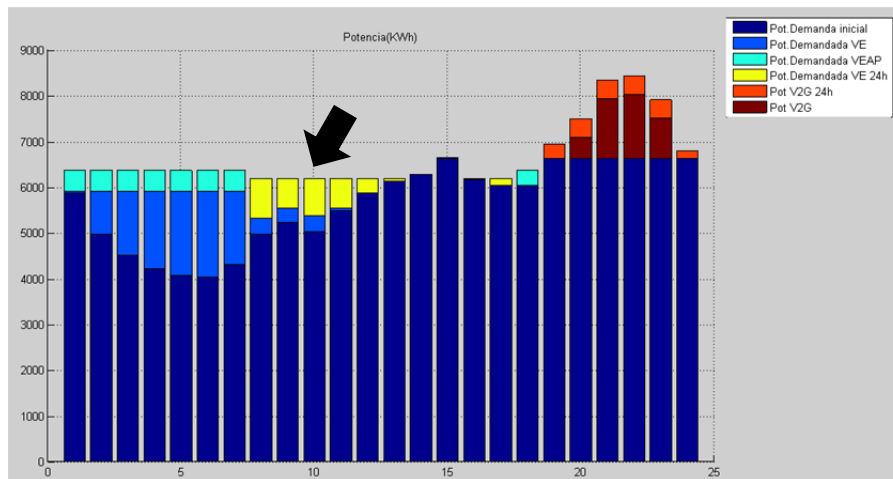


Fig.4. 39: Solución final simulación estrategia final invierno laborable.

Los resultados de esta estrategia final figuran en el Anexo VII.

## 4.7. Presentación de Resultados Semanales

Ahora vamos a presentar los resultados obtenidos para todas las estrategias anteriores para una semana completa. Por tanto haremos una simulación para una semana de invierno donde usando de tipo de día un invierno laborable para obtener los resultados de lunes a viernes y un invierno festivo para el sábado y Domingo.

Para todas las estrategias elegimos:

- Penetración de 0.3.
- Tipos de usuarios 0.9 típicos 0.1 atípicos.
- Se realiza V2G en la estrategia que se pueda.
- En la estrategia final existen 314 VE de 24 horas de disponibilidad y 314 R-EVE.

### 4.7.1. Estrategia 24 horas

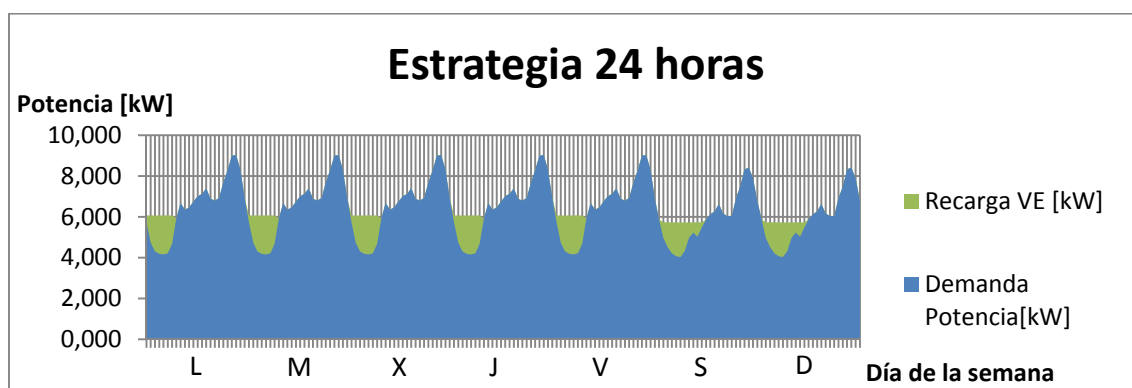


Fig.4. 40: Estrategia 90%-10% semana de invierno.

### 4.7.2. Estrategia 90% 10%

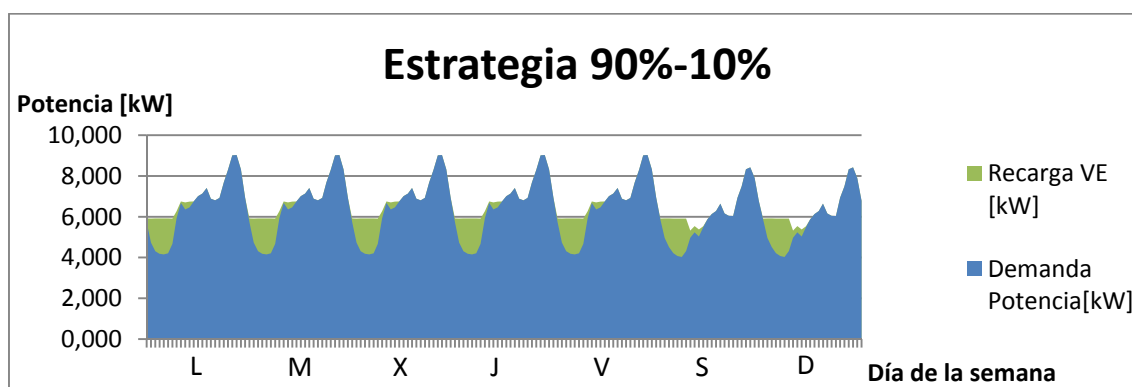


Fig.4. 41: Estrategia 90%-10% semana de invierno.

### 4.7.3. Estrategia V2G

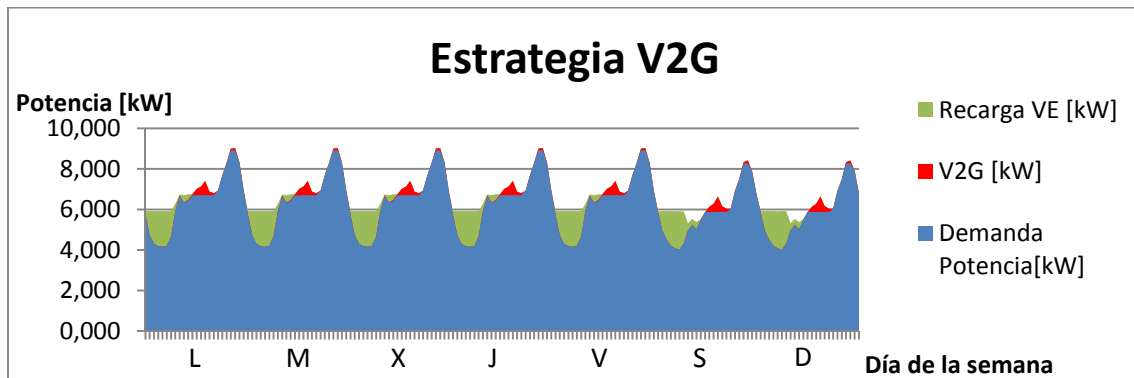


Fig.4. 42: Estrategia V2G semana de invierno.

### 4.7.4. Estrategia V2G-Punta de demanda

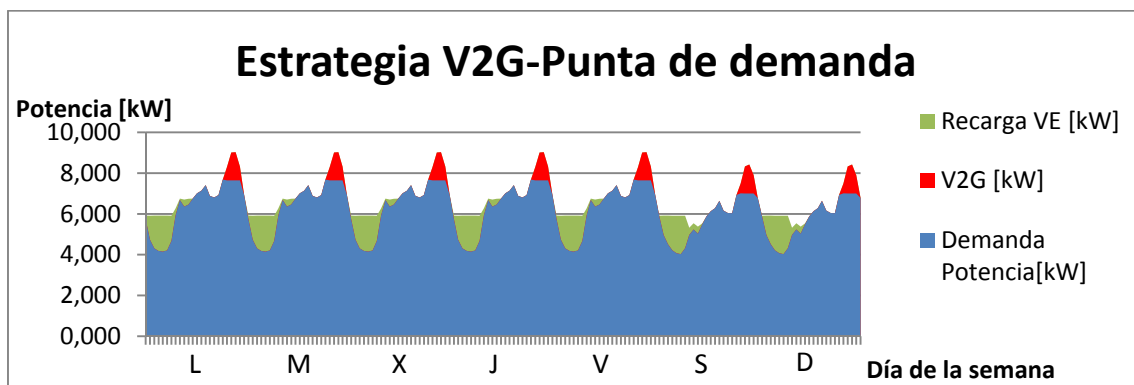


Fig.4. 43: Estrategia V2G-Punta de demanda semana de invierno.

### 4.7.5. Estrategia Final

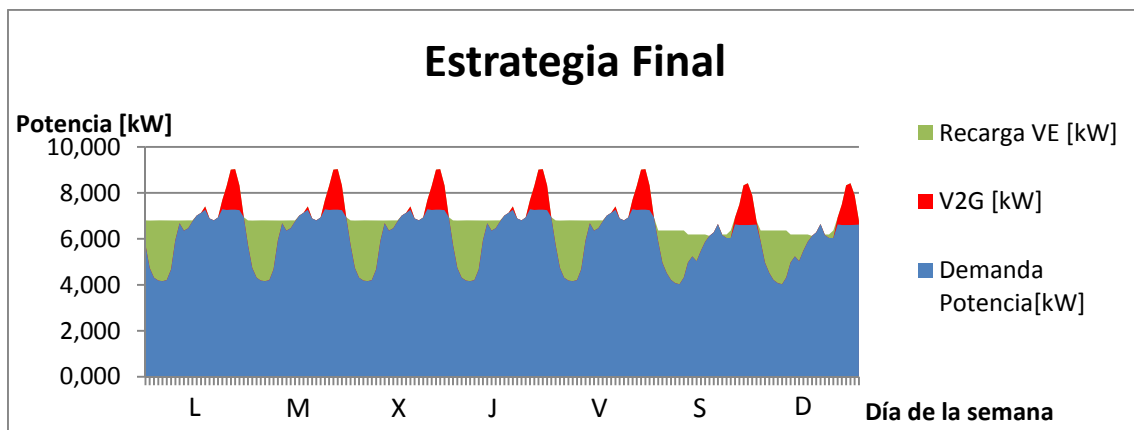


Fig.4. 44: Estrategia Final semana de invierno.



## Capítulo 5. Conclusiones

## **5. Conclusiones**

Hemos presentado un método de gestión inteligente para la recarga del VE bajo distintas estrategias basado en la descripción del algoritmo PSO con inercia variable en el tiempo. Como hemos visto en los resultados de nuestro estudio las posibilidades de los vehículos eléctricos en la mejora de la gestión del sistema eléctrico son muy amplias si hacemos uso de un sistema de gestión inteligente como el propuesto.

Podemos concluir que la capacidad de suministro de energía del sistema eléctrico no va a ser una dificultad en la implantación del VE a gran escala en nuestras ciudades, siempre que se utiliza un sistema de gestión inteligente para las recargas. Tampoco sería necesario sobredimensionar nuestro sistema eléctrico para hacer frente a esta nueva demanda, no es necesario aumentar la generación y la potencia instalada, ni tampoco la red de distribución, lo que supondría grandes inversiones.

Hemos visto también la importancia que tiene el poseer una información bidireccional veraz y actualizada entre el vehículo eléctrico y la infraestructura de recargas a la hora de obtener mejores resultados.

Las simulaciones que hemos realizado y presentamos en este estudio para penetraciones del 10% al 50% de VE en nuestras ciudades son cantidades muy elevadas en comparación con el parque automovilístico actual de VE que representa el 0.1-0.2% del total de vehículos, según datos del Instituto de Estudios de Automoción (IEA). Pero también hemos visto el impacto que puede tener esta nueva demanda si no es gestionada de manera inteligente. Podemos concluir que una vez implantado una Smart-Grid y una gestión inteligente de las recargas del VE, la introducción de este nuevo consumo de energía eléctrica no será un obstáculo para la introducción del VE a gran escala en nuestras ciudades.

Por otro lado, debemos destacar como con la realización de V2G, la implantación del VE no solo es factible, sino que también es una ventaja para el sistema eléctrico. Con la realización de V2G por parte de los VE podemos llegar a disminuir las puntas de potencia diarias. Incluso, si nuestra flota es lo suficientemente grande y su disponibilidad frente a la infraestructura de recargas es alta, podremos conseguir curvas diarias de demanda prácticamente planas.

Por tanto el algoritmo implementado permite integrar el comportamiento de los usuarios de VE en la red, tal que asegure un sistema energético sostenible, eficiente y con seguridad en el suministro; haciendo que la curva de carga del sistema sea más homogénea y el consumo más estable y predecible.

## Bibliografía

- [1] EEA, European Environmental Agency, C02 emissions performance of car manufacturers in 2012, 2013.
- [2] F. Mora, «Máquinas Eléctricas 6ª Edición,» Madrid, McGrawHill, 2008, p. 95 y 96.
- [3] G. Kendall, Plugged in. The end of the oil Age, Brussels: WWF-World Wide Fund, 2008.
- [4] Audatex, «Vehículo y ahorro segun motorización,» 01 05 2014. [En línea]. Available: <http://www.audatex.com/>.
- [5] J. P. Navarro, «Análisis Técnico-Económico del Vehículo Eléctrico y las estaciones de recarga,» Diciembre 2012.
- [6] EC/EpoSS/ERTRAC Expert Workshop, «Batteries and Storage Systems for the Fully Electric Vehicle,» 2009.
- [7] Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, Guía del Vehículo Eléctrico, Madrid, 2012.
- [8] University of California-Davis, Institute of Transportation Studies, Performance Characteristics of Lithium-ion Batteries of Various Chemistries for Plug-in Hybrid Vehicles, 2009.
- [9] «Chevrolet Volt/Hybrid warranty,» [En línea]. Available: <http://www.chevrolet.com/owners/warranty.html>.
- [10] Cetelem, Observatorio, «El coche eléctrico y los Europeos. Análisis de los principales países europeos Zoom España: Análisis del mercado español del automóvil,» Grupo BNP Paribas, 2012.
- [11] A.Saber, Plug-in Vehicles and Renewable Energy Sources for Cost and Emission Reductions, IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2011.
- [12] Eléctrica, IDEA-MOVELE Proyecto de Movilidad, «movele ayesa muestra Vehiculos,» [En línea]. Available: <http://movele.ayesa.es/movele2/muestraVehiculos.php>.
- [13] «Oxford Dictionary,» [En línea]. Available:

<http://oxforddictionaries.com/definition/english/>.

- [14] J. Li, E. Murphy, J. Winnick, P.A Kohl, Studies on the cycle life of commercial lithium ion batteries during rapid charge–discharge cycling., School of Chemical Engineering, Georgia Institute of Technology, Atlanta.
- [15] S. CIRCUTOR, Recarga inteligente de vehículos eléctricos, Viladecavalls (Barcelona) .
- [16] España., Operador del sistema REE Red Eléctrica de, «REE Demanda en tiempo real,» [En línea]. Available: <https://demanda.ree.es/demanda.html>.
- [17] REE, «Red Eléctrica de España. Avance del informe del sistema eléctrico español 2013,» el sistema eléctrico español AVANCE DEL INFORME 2013, [En línea]. Available: <http://www.ree.es/es/publicaciones/2013/12/avance-del-informe-del-sistema-electrico-espanol-2013>.
- [18] Comisión Europea, European Smart-Grids Technology Platform, Vision and Strategy for Europe’s Electricity Networks of the Future., 2006.
- [19] ACS, Jaime Tapia, Desarrollo de la infraestructura de recarga de vehículos eléctricos.
- [20] C. W. Reynolds, Flocks, herds, and schools: A distributed behavioral model, ACM Computer Graphics 1987.
- [21] J. Kennedy, The particle swarm: Social adaptation of knowledge, presented at Proceedings of the 1997 International Conference on EvolutionaryComputation, 1997.
- [22] J. Kennedy, «Methods of agreement: Inference among the elementals,» presented at Proceedings of the 1998 IEEE International Symposium on Intelligent Control, 1998..
- [23] O. Eberhart, and J. Kennedy, «A new optimizer using particle swarm theory,» presented at Proceedings of the 6th International Symposium on Micro Machine and Human Science, Piscataway, NJ, 1995..
- [24] Y. a. E. Shi, R., A modified particle swarm optimizer, presented at Proceedings of the IEEE International Conference on Evolutionary Computation, Piscataway, NJ, 1998.
- [25] Y. a. E. Shi, R., Empirical study of particle swarm optimization, presented at Proceedings of the 1999 IEEE Congress on Evolutionary Computation.





- [26] A. Ratnaweera, Halgamuge, S.K., and Watson, H.C, Self-organizing hierarchical particle swarm optimizer with time-varying acceleration coefficients, presented at IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 2004..
  
- [27] Jin, Y. X., H. Z. Cheng, J. Y. Yan y L. Zhang, New discrete method for particle swarm optimization and its application in transmission network expansion planning., Electric Power Systems Research, 2007.

## Índice de Figuras

### Capítulo 2

Fig.2. 1: Análisis comparativo de la eficiencia energética entre un VE y un Vehículo Convencional. [3] .....	11
Fig.2. 2: Clasificación de los tipos de VE enchufables por cadena de tracción .....	13
Fig.2. 3: Diagrama funcionamiento Vehículo Híbrido. [5] .....	13
Fig.2. 4: Diagrama funcionamiento Vehículo Eléctrico de Autonomía Prolongada. [5] .....	15
Fig.2. 5: Diagrama funcionamiento Vehículo Eléctrico [5] .....	16
Fig.2. 6: Evolución tecnología de las Baterías. [6] .....	17
Fig.2. 7: Comparación prestaciones de baterías plomo ácido, níquel hidruro metálico y ion-litio [7] .....	18
Fig.2. 8: Tipos de baterías [8] .....	19
Fig.2. 9: Comparativa de la Energía almacenada. ....	20
Fig.2. 10: Comparación Autonomía media de los vehículos según el tipo de motor cifras normalizadas NEDC según fabricantes. ....	21
Fig.2. 11: Kilometraje recorrido un día tipo entre semana vehículos uso personal [10] .....	22
Fig.2. 12: Localización de los Puntos de Recarga España y Portugal [12] .....	23
Fig.2. 13: Tiempo necesario para una recarga al 100% según el tipo de toma de corriente (hipótesis: batería de 24 kWh). [10] .....	27
Fig.2. 14: Tabla Modos de Recarga [15] .....	29
Fig.2. 15: Esquema de modos de Recarga .....	29
Fig.2. 16: Tipos de conectores y sus características para la recarga de VE [15] .....	30
Fig.2. 17: Tipo de Conector Schuko .....	30
Fig.2. 18: Tipo de conector 1 SAE J1772 Yazaki .....	30
Fig.2. 19: Tipo de conector 2 Mennekes .....	30
Fig.2. 20: Tipo de conector 3 Scame .....	30
Fig.2. 21: Tipo de conector 4 ChadeMO .....	31
Fig.2. 22: Tipo de conector Combinado CCS .....	31
Fig.2. 23: Red Eléctrica tradicional .....	32
Fig.2. 24: Potencia Instalada España 2013 [17] .....	34
Fig.2. 25: Balance energético anual 2013 [17] .....	35
Fig.2. 26: Diagrama de red eléctrica en el futuro .....	35
Fig.2. 27: Ejemplo de introducción del VE sin gestión de recargas en horas punta. ....	38
Fig.2. 28: Ejemplo de introducción del VE sin gestión de recargas en horas valle. ....	39
Fig.2. 29: Ejemplo de introducción del VE con gestión inteligente .....	39
Fig.2. 30: Ejemplo de introducción del VE con gestión inteligente y V2G .....	40

## Capítulo 3

Fig.3. 1: Diagrama de flujo del algoritmo PSO. [25] .....	48
Fig.3. 2: Evolución $w(t)$ PSO utilizado frente PSO original. ....	50
Fig.3. 3: Demanda de energía para los cuatro días tipo.....	53
Fig.3. 4: Comportamiento del usuario típico hora a hora.....	54
Fig.3. 5: Comportamiento del usuario típico.....	54
Fig.3. 6: Comportamiento del usuario atípico hora a hora. ....	55
Fig.3. 7: Comportamiento del usuario atípico. ....	55
Fig.3. 8: Comportamiento del usuario típico y atípico con V2G. ....	56
Fig.3. 9: Especificaciones VE tipo para el estudio.....	57
Fig.3. 10: Actualización de Posición y Velocidad según restricciones.....	62
Fig.3. 11: Ejemplo del área ocupada por recargas de VE en 15 horas .....	65
Fig.3. 12: Ejemplo de valor óptimo de distribución de recargas.....	65

## Capítulo 4

Fig.4. 1: Ejemplo de posible evolución de una batería para un VE a lo largo de un día.....	69
Fig.4. 2: Seguimiento restricción potencia punta durante la semana .....	70
Fig.4. 3: Mejor Solución iteración1.....	73
Fig.4. 4: Evolución mejor solución desde iteración 5 a la 85.....	74
Fig.4. 5: Solución Óptima iteración de salida 115. ....	75
Fig.4. 6: Evolución del valor objetivo mejor solución frente al número de iteraciones.....	76
Fig.4. 7: Localización del enjambre para las 24 componentes de la posición en la iteración4. ....	77
Fig.4. 8: Ampliación para las componentes 4, 5 y 6 de la posición en la iteración 4.....	77
Fig.4. 9: Evolución componentes 4, 5 y 6 de la posición de la iteración 9 a la 24.....	78
Fig.4. 10: Evolución componentes 4, 5 y 6 de la posición de la iteración 39 a la 79.....	79
Fig.4. 11: Distribución de las 24 componentes de la posición del enjambre en la iteración 105.....	79
Fig.4. 12: Comparación de mejor solución encontrada búsqueda PSO y búsqueda aleatoria. ....	80
Fig.4. 13: Evolución función objetivo PSO y búsqueda aleatoria frente al número de iteraciones.....	81
Fig.4. 14: Evolución función objetivo PSO y búsqueda aleatoria en función del tiempo. ....	82
Fig.4. 15: Distribución de componentes de la posición en la iteración 150 en búsqueda aleatoria. ....	82
Fig.4. 16: Distribución de componentes de la posición en la iteración 105 en PSO.....	82
Fig.4. 17: Comportamiento del usuario atípico hora a hora. ....	85
Fig.4. 18: Comportamiento del usuario atípico hora a hora. ....	86
Fig.4. 19: Solución óptima parcial para los usuarios atípicos estrategia 90-10%. ....	87

Fig.4. 20: Evolución de función objetivo usuario atípico frente a iteraciones y tiempo estrategia 90-10%.	87
Fig.4. 21: Solución óptima parcial para los usuarios típicos estrategia 90-10%.	88
Fig.4. 22: Evolución de función objetivo usuario típico frente a iteraciones y tiempo ejemplo estrategia 90%-10%.	88
Fig.4. 23: Solución final ejemplo estrategia 90%-10%.	89
Fig.4. 24: Comportamiento del usuario típico y atípico con V2G.	91
Fig.4. 25: Ejemplo de posible evolución de una batería para un VE a lo largo de un día pudiendo hacer V2G.	92
Fig.4. 26: Distribución de recargas para los usuarios atípicos y típicos estrategia V2G.	93
Fig.4. 27: Cesión de recargas para los usuarios atípicos y típicos estrategia V2G.	94
Fig.4. 28: Solución final ejemplo V2G.	94
Fig.4. 29: Cesión de V2G y limitaciones a la V2G por parte de los usuarios típicos.	95
Fig.4. 30: Solución final ejemplo V2G.	96
Fig.4. 31: Solución final ejemplo V2G.	97
Fig.4. 32: Ejemplo de posible evolución de una batería para un VE a lo largo de un día pudiendo hacer V2G.	99
Fig.4. 33: Solución final ejemplo V2G--Punta de demanda.	100
Fig.4. 34: Evolución Energía de Batería VE usuario no usa VE 24 horas	102
Fig.4. 35: Vehículos Eléctricos de Autonomía Prolongada y R-EVE tipo	103
Fig.4. 36: Comportamiento del usuario de E-REV.	103
Fig.4. 37: Ejemplo de posible evolución de una batería para un R-EVE a lo largo de un día.	104
Fig.4. 38: Solución final simulación estrategia final invierno laborable.	106
Fig.4. 39: Solución final simulación estrategia final invierno laborable.	107
Fig.4. 40: Estrategia 90%-10% semana de invierno.	108
Fig.4. 41: Estrategia 90%-10% semana de invierno.	108
Fig.4. 42: Estrategia V2G semana de invierno.	109
Fig.4. 43: Estrategia V2G-Punta de demanda semana de invierno.	109
Fig.4. 44: Estrategia Final semana de invierno.	109

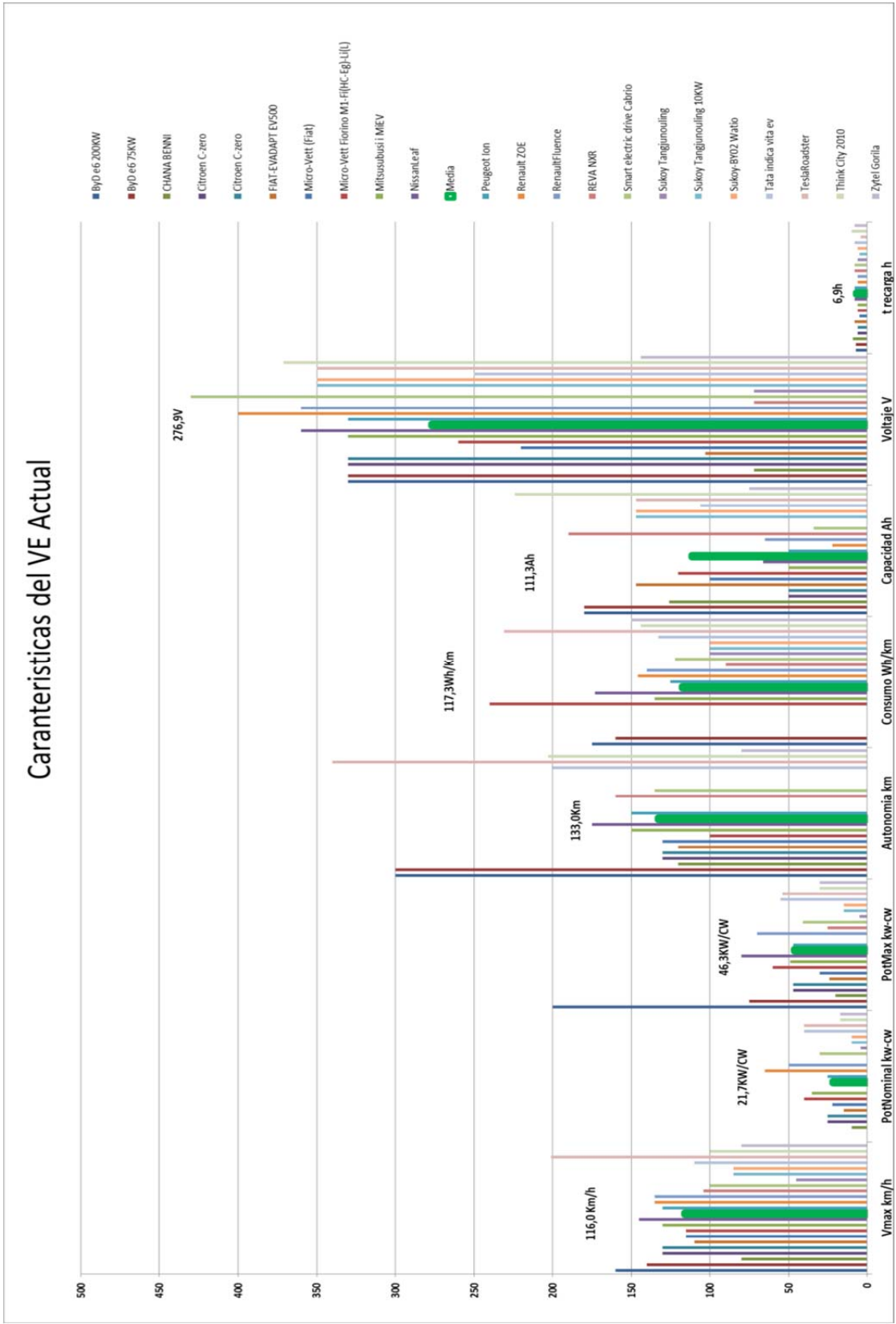


## Anexos

## ANEXO I. Características Básicas VE del mercado y Batería.

	Coche					Batería			
BEV	V <sub>max</sub> km/h	Pot <sub>Nom</sub> kw-cw	Pot <sub>Max</sub> kw-cw	Autono mía km	Consu mo Wh/k m	Capaci dad Ah	Voltaje V	Capacidad kWh	t <sub>recarga</sub> h
ByD e6 200kW	160	<u>n.n.</u>	200	300	175	180	330	59	7
ByD e6 75kW	140	<u>n.n.</u>	75	300	160	180	330	59	7
CHANA BENNI	80	10	20	120	<u>n.n.</u>	126	72	9	9
Citroen C-zero	130	25	47	130	<u>n.n.</u>	50	330	17	6
FIAT-EVADAPT EV500	110	15	24	120	<u>n.n.</u>	147	103	15	8
Micro-Vett (Fiat)	115	22	30	130	<u>n.n.</u>	100	220	22	5
Micro-Vett Fiorino	115	40	60	100	240	120	260	31	6
Mitsusubusi i MiEV	130	35	49	150	135	50	330	17	6
NissanLeaf	145	<u>n.n.</u>	80	175	173	66	360	24	8
Peugeot Ion	130	25	47	150	125	50	330	17	8
Renault ZOE	135	65	<u>n.n.</u>	<u>n.n.</u>	146	22	400	9	6
RenaultFluence	135	50	70	<u>n.n.</u>	140	65	360	23	6
REVA NXR	104	<u>n.n.</u>	25	160	90	190	72	14	8
SED Cabrio	100	30	41	135	122	34	430	15	8
Sukoy Tangjunouling	45	4	5	<u>n.n.</u>	100	<u>n.n.</u>	72	<u>n.n.</u>	6
Sukoy Tangjunouling 10kW	85	10	15	<u>n.n.</u>	100	147	350	51	5
Sukoy-BY02 Watio	85	10	15	<u>n.n.</u>	100	147	350	51	6
Tata indica vita ev	110	40	55	200	133	106	250	27	8
TeslaRoadster	201	40	54	340	231	147	350	51	4
Think City 2010	100	17	30	203	144	224	371	83	10
Zytel Gorila	80	17	30	80	150	75	144	11	8
<b>Valores medios</b>	<b>116,0</b>	<b>27</b>	<b>49</b>	<b>174,6</b>	<b>144,9</b>	<b>111,3</b>	<b>276,9</b>	<b>30,2</b>	<b>6,9</b>

ANEXO II. Características Básicas VE del mercado y Batería.





## ANEXO III. Resultados Obtenidos Estrategia 24 horas

ANEXO III. Resultados Obtenidos Estrategia 24 horas con penetración del 10%

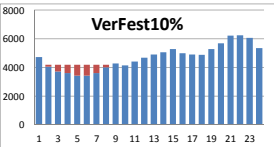
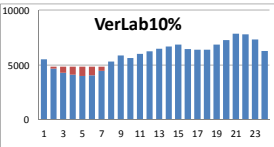
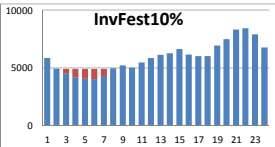
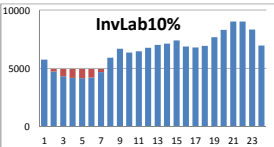
10% Penetración (313cars)

Dia Inv Laborable

Pinic (kW)	5736,4	4733,8	4308,46	4186,06	4155,84	4207,63	4671,13	5922,81	6681,01	6354,42	6461,24	6753,79	7010,61	7131,88	7406,79	6883,75	6802,89	6925,25	7684,47	8300,37	9007,95	9029,87	8319,48	6942,91
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	0	60	176	209	217	203	78	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kw)	0	222	651,2	773,3	802,9	751,1	288,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	5,7364	4,9558	4,95966	4,95936	4,95874	4,95873	4,95973	5,92281	6,68101	6,35442	6,46124	6,75379	7,01061	7,13188	7,40679	6,88375	6,80289	6,92525	7,68447	8,30037	9,00795	9,02987	8,31948	6,94291

Dia Inv Festivo

Pinic (kW)	5874,66	4964,17	4509,37	4214,96	4073,84	4027,55	4314,57	4971,02	5234,91	5028,06	5485,36	5872,62	6129,86	6278,9	6639,74	6164,84	6040,33	6037,93	6929,38	7489,43	8329,38	8421,09	7904,15	6785
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	0	0	113	192	230	243	165	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kw)	0	0	418,1	710,4	851	899,1	610,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	5,87466	4,96417	4,52747	4,25336	4,07384	4,02755	4,31457	4,97102	5,23491	5,02806	5,48536	5,87262	6,12986	6,2789	6,63974	6,16484	6,04033	6,03793	6,92938	7,48943	8,32938	8,42109	7,90415	6,785

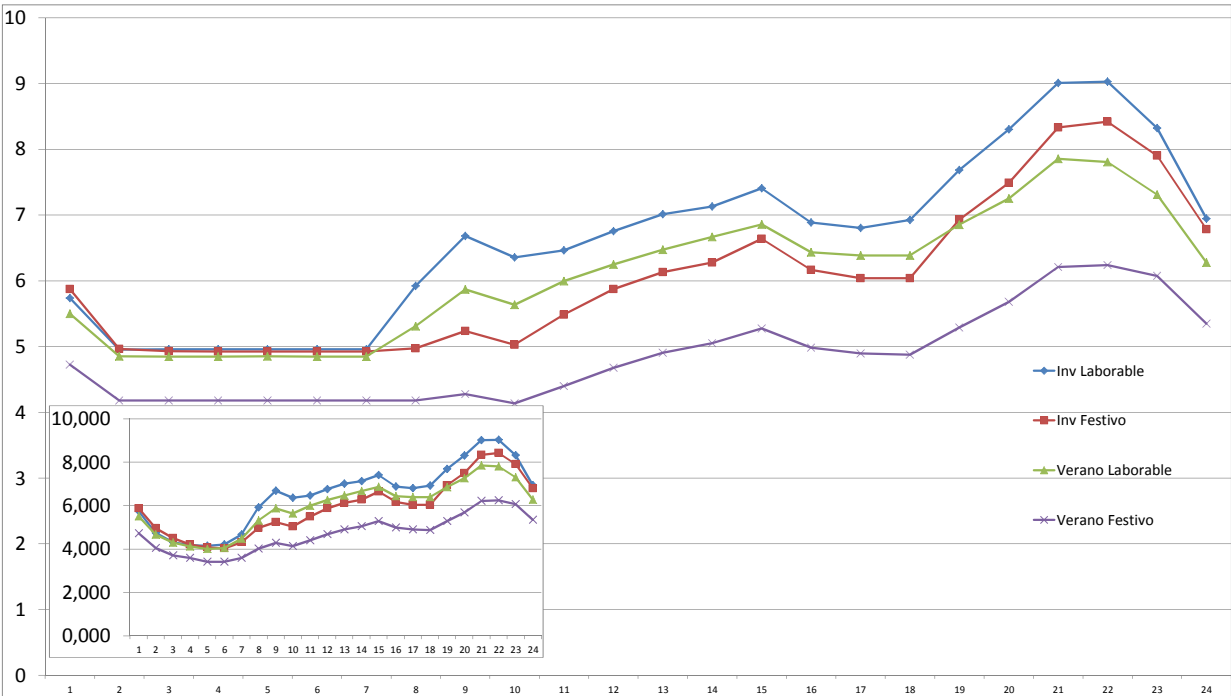


Dia Ver Laborable

Pinic (kW)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
t=150	5501,02	4668,38	4299,56	4120,08	4006	4039,66	4467,9	5310,76	5870,8	5634,36	5995,61	6250,53	6470,1	6669,09	6855,02	6435,03	6387,17	6384,77	6851,23	7253,36	7852,97	7803,87	7309,89	6278,47
Nº CHARGE	0	49	148	197	228	218	103	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kw)	0	181,3	547,6	728,9	843,6	806,6	381,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	5,50102	4,84968	4,84716	4,84898	4,8496	4,84626	4,849	5,31076	5,8708	5,63436	5,99561	6,25053	6,4701	6,66909	6,85502	6,43503	6,38717	6,38477	6,85123	7,25336	7,85297	7,80387	7,30989	6,27847

Dia Ver Festivo

Pinic (kW)	4723,26	4044,71	3708,79	3593,52	3412,48	3417,3	3594,09	4009,3	4277,24	4135,21	4399,54	4674,49	4902,89	5051,13	5277,3	4983,07	4897,37	4878,18	5287,68	5680,91	6211,97	6241,11	6070,96	5347,47
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	0	37	128	159	208	206	159	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kw)	0	136,9	473,6	588,3	769,6	762,2	588,3	170,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	4,72326	4,18161	4,18239	4,18182	4,18208	4,1795	4,18239	4,1795	4,27724	4,13521	4,39954	4,67449	4,90289	5,05113	5,2773	4,98307	4,89737	4,87818	5,28768	5,68091	6,21197	6,24111	6,07096	5,34747



ANEXO III.II Resultados Obtenidos Estrategia 24 horas con penetración del 20%

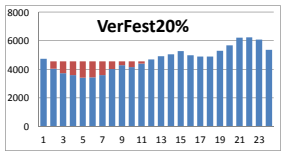
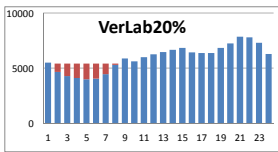
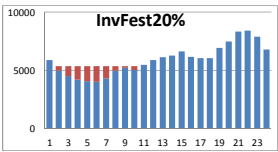
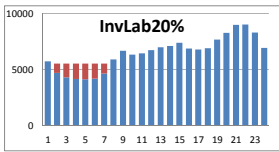
20% Penetración (627cars)

Dia Inv Laborable

Pinic (kW)	5736,4	4733,8	4308,46	4186,06	4155,84	4207,63	4671,13	5922,81	6681,01	6354,42	6461,24	6753,79	7010,61	7131,88	7406,79	6883,75	6802,89	6925,25	7684,47	8300,37	9007,95	9029,87	8319,48	6942,91
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	0	217	333	366	374	360	235	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	0	802,9	1232,1	1354,2	1383,8	1332	869,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	5,7364	5,5367	5,54056	5,54026	5,53964	5,53963	5,54063	5,92281	6,68101	6,35442	6,46124	6,75379	7,01061	7,13188	7,40679	6,88375	6,80289	6,92525	7,68447	8,30037	9,00795	9,02987	8,31948	6,94291

Dia Inv Festivo

Pinic (kW)	5874,66	4964,17	4509,37	4214,96	4073,84	4027,55	4314,57	4971,02	5234,91	5028,06	5485,36	5872,62	6129,86	6278,9	6639,74	6164,84	6040,33	6037,93	6929,38	7489,43	8329,38	8421,09	7904,15	6785
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	0	109	232	312	350	362	285	107	36	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	0	403,3	858,4	1154,4	1295	1339,4	1054,5	395,9	133,2	340,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	5,87466	5,36747	5,36777	5,36936	5,36884	5,36695	5,36907	5,36692	5,36811	5,36846	5,48536	5,87262	6,12986	6,2789	6,63974	6,16484	6,04033	6,03793	6,92938	7,48943	8,32938	8,42109	7,90415	6,785

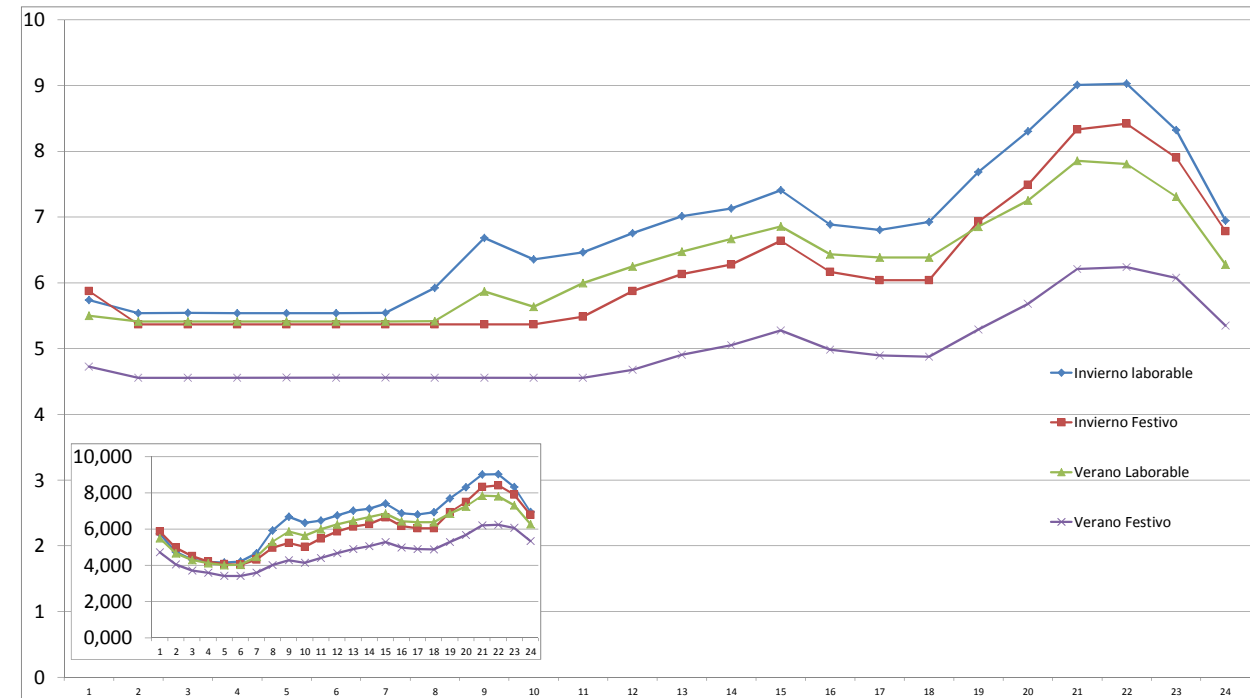


Dia Ver Laborable

Pinic (kW)	5501,02	4668,38	4299,56	4120,08	4006	4039,66	4467,9	5310,76	5870,8	5634,36	5995,61	6250,53	6470,1	6669,09	6855,02	6435,03	6387,17	6384,77	6851,23	7253,36	7852,97	7803,87	7309,89	6278,47
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	0	201	301	349	380	371	255	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	0	743,7	1113,7	1291,3	1406	1372,7	943,5	103,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	5,50102	5,41208	5,41326	5,41138	5,412	5,41236	5,4114	5,41436	5,8708	5,63436	5,99561	6,25053	6,4701	6,66909	6,85502	6,43503	6,38717	6,38477	6,85123	7,25336	7,85297	7,80387	7,30989	6,27847

Dia Ver Festivo

Pinic (kW)	4723,26	4044,71	3708,79	3593,52	3412,48	3417,3	3594,09	4009,3	4277,24	4135,21	4399,54	4674,49	4902,89	5051,13	5277,3	4983,07	4897,37	4878,18	5287,68	5680,91	6211,97	6241,11	6070,96	5347,47
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	0	138	229	260	310	308	261	148	75	114	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	0	510,6	847,3	962	1147	1139,6	965,7	547,6	277,5	421,8	155,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	4,72326	4,55531	4,55609	4,55552	4,55948	4,5569	4,55979	4,5569	4,55474	4,55701	4,55494	4,67449	4,90289	5,05113	5,2773	4,98307	4,89737	4,87818	5,28768	5,68091	6,21197	6,24111	6,07096	5,34747



ANEXO III.III Resultados Obtenidos Estrategia 24 horas con penetración del 30%

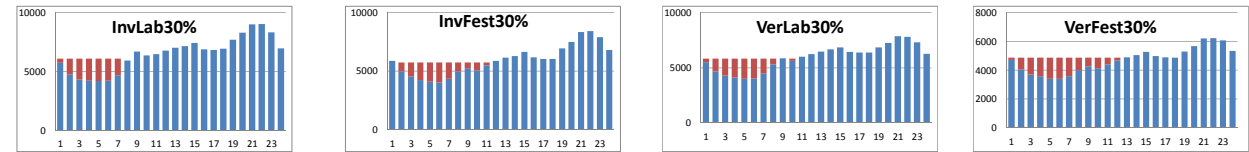
30% Penetración (942cars)

Dia Inv Laborable

Pinic (kW)	5736,4	4733,8	4308,46	4186,06	4155,84	4207,63	4671,13	5922,81	6681,01	6354,42	6461,24	6753,79	7010,61	7131,88	7406,79	6883,75	6802,89	6925,25	7684,47	8300,37	9007,95	9029,87	8319,48	6942,91
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	90	360	475	508	517	503	377	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	333	1332	1757,5	1879,6	1912,9	1861,1	1394,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	6,0694	6,0658	6,06596	6,06566	6,06874	6,06873	6,06603	5,92281	6,68101	6,35442	6,46124	6,75379	7,01061	7,13188	7,40679	6,88375	6,80289	6,92525	7,68447	8,30037	9,00795	9,02987	8,31948	6,94291

Dia Inv Festivo

Pinic (kW)	5874,66	4964,17	4509,37	4214,96	4073,84	4027,55	4314,57	4971,02	5234,91	5028,06	5485,36	5872,62	6129,86	6278,9	6639,74	6164,84	6040,33	6037,93	6929,38	7489,43	8329,38	8421,09	7904,15	6785
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	0	207	330	409	447	460	382	205	134	190	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	0	765,9	1221	1513,3	1653,9	1702	1413,4	758,5	495,8	703	244,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	5,87466	5,73007	5,73037	5,72826	5,72774	5,72955	5,72797	5,72952	5,73071	5,73106	5,72956	5,87262	6,12986	6,2789	6,63974	6,16484	6,04033	6,03793	6,92938	7,48943	8,32938	8,42109	7,90415	6,785

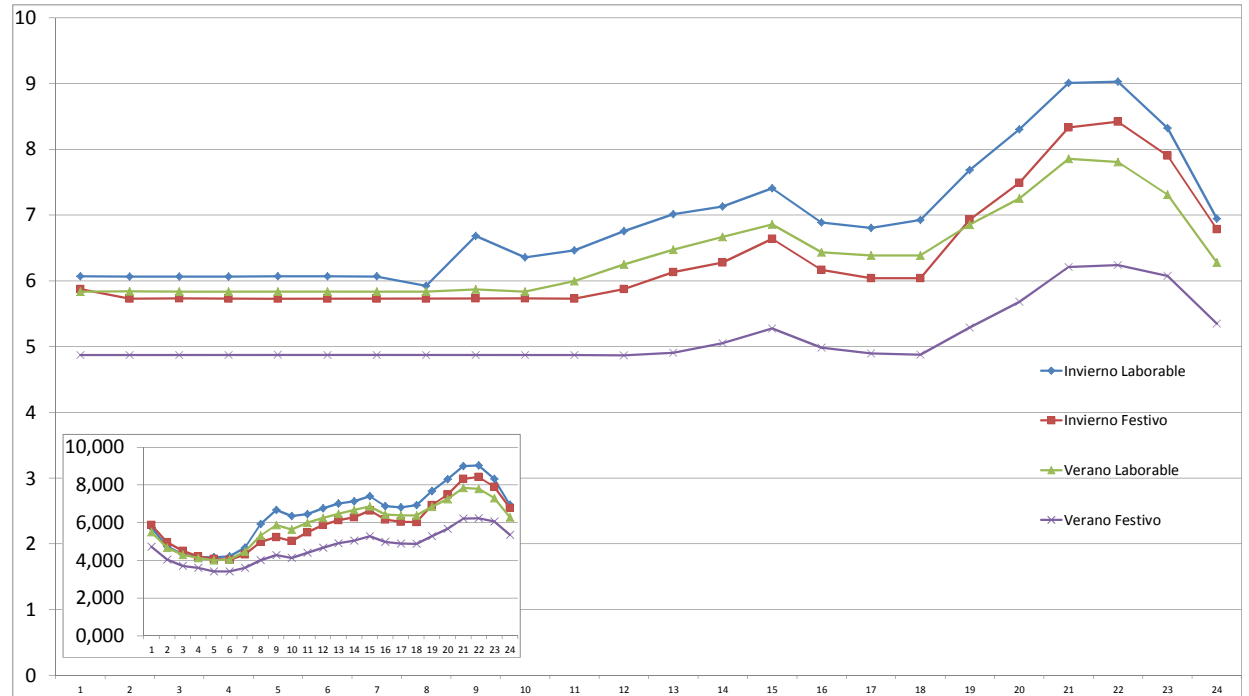


Dia Ver Laborable

Pinic (kW)	5501,02	4668,38	4299,56	4120,08	4006	4039,66	4467,9	5310,76	5870,8	5634,36	5995,61	6250,53	6470,1	6669,09	6855,02	6435,03	6387,17	6384,77	6851,23	7253,36	7852,97	7803,87	7309,89	6278,47
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	90	316	415	464	494	485	370	142	0	54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	333	1169,2	1535,5	1716,8	1827,8	1794,5	1369	525,4	0	199,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	5,83402	5,83758	5,83506	5,83688	5,8338	5,83416	5,8369	5,83616	5,8708	5,83416	5,99561	6,25053	6,4701	6,66909	6,85502	6,43503	6,38717	6,38477	6,85123	7,25336	7,85297	7,80387	7,30989	6,27847

Dia Ver Festivo

Pinic (kW)	4723,26	4044,71	3708,79	3593,52	3412,48	3417,3	3594,09	4009,3	4277,24	4135,21	4399,54	4674,49	4902,89	5051,13	5277,3	4983,07	4897,37	4878,18	5287,68	5680,91	6211,97	6241,11	6070,96	5347,47
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	40	224	314	345	395	393	345	233	161	199	128	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	148	828,8	1161,8	1276,5	1461,5	1454,1	1276,5	862,1	595,7	736,3	473,6	192,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	4,87126	4,87351	4,87059	4,87002	4,87398	4,8714	4,87059	4,8714	4,87294	4,87151	4,87314	4,86689	4,90289	5,05113	5,2773	4,98307	4,89737	4,87818	5,28768	5,68091	6,21197	6,24111	6,07096	5,34747



ANEXO III.IV Resultados Obtenidos Estrategia 24 horas con penetración del 40%

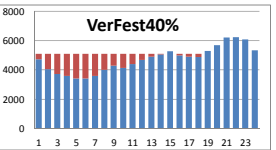
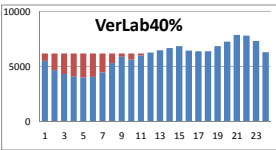
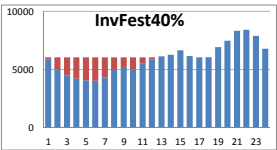
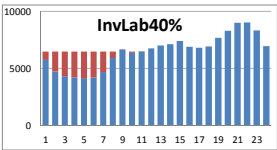
40% Penetración (1256cars)

Dia Inv Laborable

Pinic (kW)	5736,4	4733,8	4308,46	4186,06	4155,84	4207,63	4671,13	5922,81	6681,01	6354,42	6461,24	6753,79	7010,61	7131,88	7406,79	6883,75	6802,89	6925,25	7684,47	8300,37	9007,95	9029,87	8319,48	6942,91
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	198	469	584	617	625	611	486	148	0	31	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	732,6	1735,3	2160,8	2282,9	2312,5	2260,7	1798,2	547,6	0	114,7	11,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	6,469	6,4691	6,46926	6,46896	6,46834	6,46833	6,46933	6,47041	6,68101	6,46912	6,47234	6,75379	7,01061	7,13188	7,40679	6,88375	6,80289	6,92525	7,68447	8,30037	9,00795	9,02987	8,31948	6,94291

Dia Inv Festivo

Pinic (kW)	5874,66	4964,17	4509,37	4214,96	4073,84	4027,55	4314,57	4971,02	5234,91	5028,06	5485,36	5872,62	6129,86	6278,9	6639,74	6164,84	6040,33	6037,93	6929,38	7489,43	8329,38	8421,09	7904,15	6785
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	45	292	415	494	532	545	467	290	219	275	151	46	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	166,5	1080,4	1535,5	1827,8	1968,4	2016,5	1727,9	1073	810,3	1017,5	558,7	170,2	0	0	0	0	0	3,7	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	6,04116	6,04457	6,04487	6,04276	6,04224	6,04405	6,04247	6,04402	6,04521	6,04556	6,04406	6,04282	6,12986	6,2789	6,63974	6,16484	6,04033	6,04163	6,92938	7,48943	8,32938	8,42109	7,90415	6,785

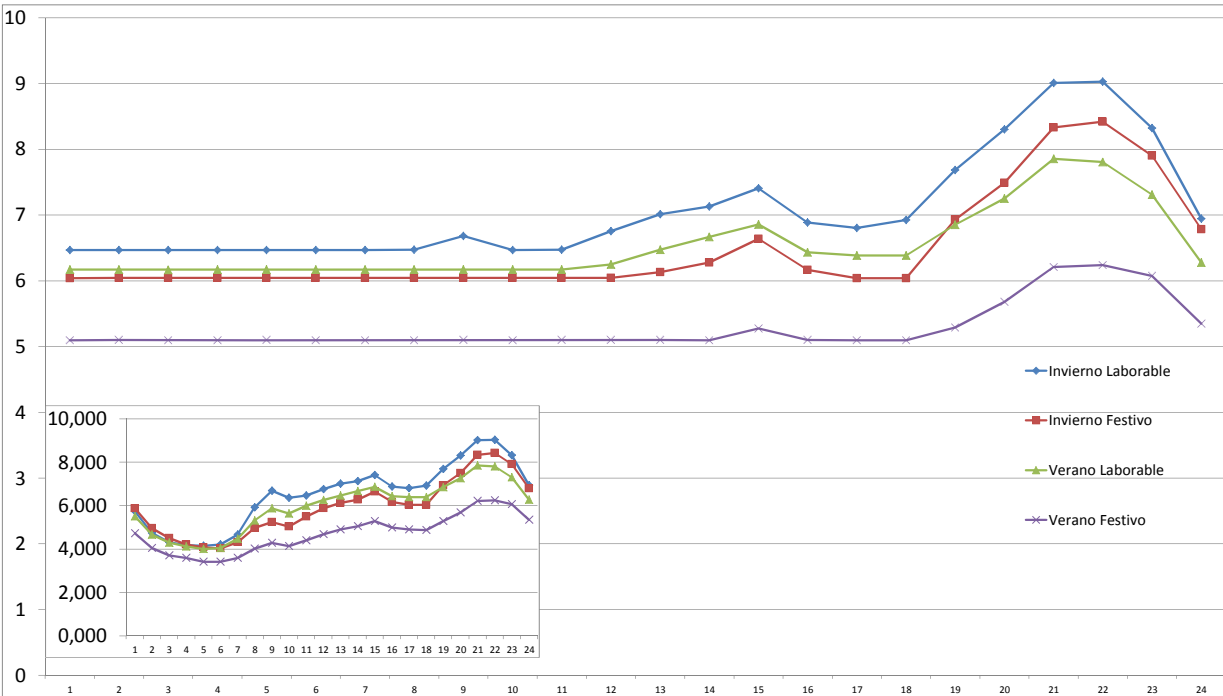


Dia Ver Laborable

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Pinic (kW)	5501,02	4668,38	4299,56	4120,08	4006	4039,66	4467,9	5310,76	5870,8	5634,36	5995,61	6250,53	6470,1	6669,09	6855,02	6435,03	6387,17	6384,77	6851,23	7253,36	7852,97	7803,87	7309,89	6278,47
t=150	181	406	505	554	585	576	460	232	81	145	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nº CHARGE	669,7	1502,2	1868,5	2049,8	2164,5	2131,2	1702	858,4	299,7	536,5	173,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	0,6697	1,5022	1,8685	2,0498	2,1645	2,1312	1,702	0,8584	0,2997	0,5365	0,1739	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	6,17072	6,17058	6,16806	6,16988	6,1705	6,17086	6,1699	6,16916	6,1705	6,17086	6,16951	6,25053	6,4701	6,66909	6,85502	6,43503	6,38717	6,38477	6,85123	7,25336	7,85297	7,80387	7,30989	6,27847

Dia Ver Festivo

Pinic (kW)	4723,26	4044,71	3708,79	3593,52	3412,48	3417,3	3594,09	4009,3	4277,24	4135,21	4399,54	4674,49	4902,89	5051,13	5277,3	4983,07	4897,37	4878,18	5287,68	5680,91	6211,97	6241,11	6070,96	5347,47
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	101	285	375	406	456	454	406	294	222	260	189	115	53	12	0	31	54	59	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	373,7	1054,5	1387,5	1502,2	1687,2	1679,8	1502,2	1087,8	821,4	962	699,3	425,5	196,1	44,4	0	114,7	199,8	218,3	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	5,09696	5,09921	5,09629	5,09572	5,09968	5,0971	5,09629	5,0971	5,09864	5,09721	5,09884	5,09999	5,09899	5,09553	5,2773	5,09777	5,09717	5,09648	5,28768	5,68091	6,21197	6,24111	6,07096	5,34747



ANEXO III.V Resultados Obtenidos Estrategia 24 horas con penetración del 50%

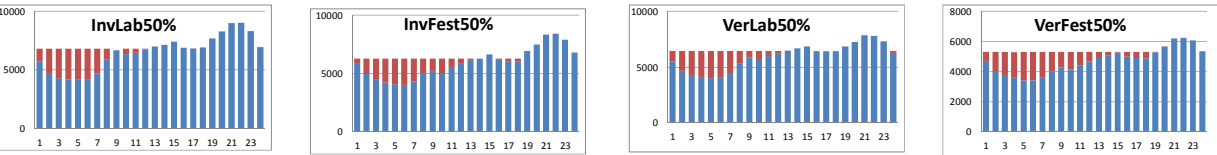
50% Penetración (1415cars-156cars)

Dia Inv Laborable

Pinic (kW)	5736,4	4733,8	4308,46	4186,06	4155,84	4207,63	4671,13	5922,81	6681,01	6354,42	6461,24	6753,79	7010,61	7131,88	7406,79	6883,75	6802,89	6925,25	7684,47	8300,37	9007,95	9029,87	8319,48	6942,91
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	291	561	677	710	718	704	579	240	0	124	95	16	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	1076,7	2075,7	2504,9	2627	2656,6	2604,8	2142,3	888	0	458,8	351,5	59,2	0	0	0	0	7,4	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	6,8131	6,8095	6,81336	6,81306	6,81244	6,81243	6,81343	6,81081	6,68101	6,81322	6,81274	6,81299	7,01061	7,13188	7,40679	6,88375	6,81029	6,92525	7,68447	8,30037	9,00795	9,02987	8,31948	6,94291

Dia Inv Festivo

Pinic (kW)	5874,66	4964,17	4509,37	4214,96	4073,84	4027,55	4314,57	4971,02	5234,91	5028,06	5485,36	5872,62	6129,86	6278,9	6639,74	6164,84	6040,33	6037,93	6929,38	7489,43	8329,38	8421,09	7904,15	6785
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	108	355	477	557	595	607	530	352	281	337	214	108	39	0	0	30	63	64	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	399,6	1313,5	1764,9	2060,9	2201,5	2245,9	1961	1302,4	1039,7	1246,9	791,8	399,6	144,3	0	0	111	233,1	236,8	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	6,27426	6,27767	6,27427	6,27586	6,27534	6,27345	6,27557	6,27342	6,27461	6,27496	6,27716	6,27222	6,27416	6,2789	6,63974	6,27584	6,27343	6,27473	6,92938	7,48943	8,32938	8,42109	7,90415	6,785

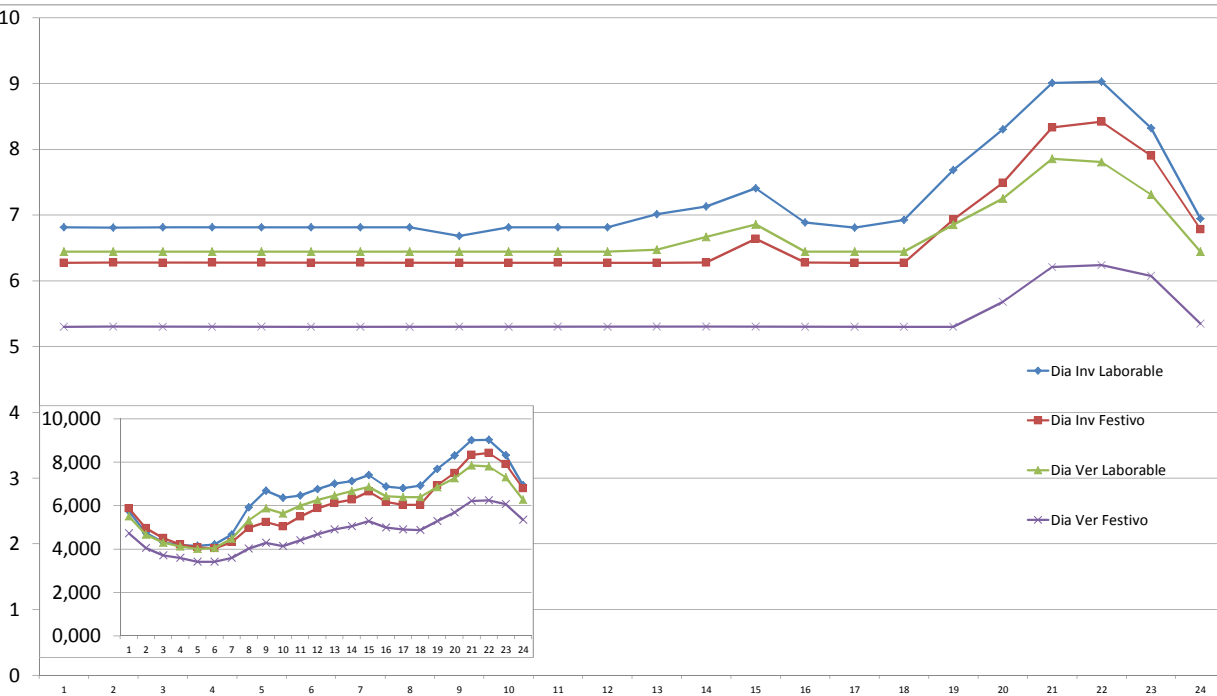


Dia Ver Laborable

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Pinic (kW)	5501,02	4668,38	4299,56	4120,08	4006	4039,66	4467,9	5310,76	5870,8	5634,36	5995,61	6250,53	6470,1	6669,09	6855,02	6435,03	6387,17	6384,77	6851,23	7253,36	7852,97	7803,87	7309,89	6278,47
t=150	255	480	580	628	659	650	534	306	155	219	121	52	0	0	0	2	15	16	0	0	0	0	0	45
Nº CHARGE	943,5	1776	2146	2323,6	2438,3	2405	1975,8	1132,2	573,5	810,3	447,7	192,4	0	0	0	7,4	55,5	59,2	0	0	0	0	0	166,5
CHARGE(kW)	0,9435	1,776	2,146	2,3236	2,4383	2,405	1,9758	1,1322	0,5735	0,8103	0,4477	0,1924	0	0	0	0,0074	0,0555	0,0592	0	0	0	0	0	0,1665
Pot(MW)	6,44452	6,44438	6,44556	6,44368	6,4443	6,44466	6,4437	6,44296	6,4443	6,44466	6,44331	6,44293	6,4701	6,66909	6,85502	6,44243	6,44267	6,44397	6,85123	7,25336	7,85297	7,80387	7,30989	6,44497

Dia Ver Festivo

Pinic (kW)	4723,26	4044,71	3708,79	3593,52	3412,48	3417,3	3594,09	4009,3	4277,24	4135,21	4399,54	4674,49	4902,89	5051,13	5277,3	4983,07	4897,37	4878,18	5287,68	5680,91	6211,97	6241,11	6070,96	5347,47
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	156	340	430	461	511	509	461	349	277	315	244	169	108	68	7	86	109	114	3	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	577,2	1258	1591	1705,7	1890,7	1883,3	1705,7	1291,3	1024,9	1165,5	902,8	625,3	399,6	251,6	25,9	318,2	403,3	421,8	11,1	0	0	0	0	0
Pot(MW)	5,30046	5,30271	5,29979	5,29922	5,30318	5,3006	5,29979	5,3006	5,30214	5,30071	5,30234	5,29979	5,30249	5,30273	5,3032	5,30127	5,30067	5,29998	5,29878	5,68091	6,21197	6,24111	6,07096	5,34747



## ANEXO IV. Resultados Obtenidos Estrategia 90%-10%



ANEXO IV.II. Resultados Obtenidos Estrategia 90%-10% con penetración 10%

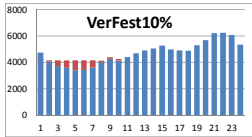
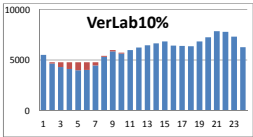
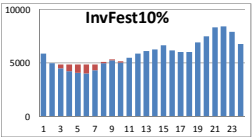
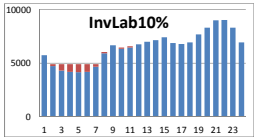
10% Penetración (283cars-31cars)

Dia Inv Laborable

Pinic (kW)	5736,4	4733,8	4308,46	4186,06	4155,84	4207,63	4671,13	5922,81	6681,01	6354,42	6461,24	6753,79	7010,61	7131,88	7406,79	6883,75	6802,89	6925,25	7684,47	8300,37	9007,95	9029,87	8319,48	6942,91
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	0	46	160	193	201	187	62	31	0	31	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	0	170,2	592	714,1	743,7	691,9	229,4	114,7	0	114,7	114,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	5,7364	4,904	4,90046	4,90016	4,89954	4,89953	4,90053	6,03751	6,68101	6,46912	6,57594	6,75379	7,01061	7,13188	7,40679	6,88375	6,80289	6,92525	7,68447	8,30037	9,00795	9,02987	8,31948	6,94291

Dia Inv Festivo

Pinic (kW)	5874,66	4964,17	4509,37	4214,96	4073,84	4027,55	4314,57	4971,02	5234,91	5028,06	5485,36	5872,62	6129,86	6278,9	6639,74	6164,84	6040,33	6037,93	6929,38	7489,43	8329,38	8421,09	7904,15	6785
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	0	0	94	174	212	223	145	31	31	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	0	0	347,8	643,8	784,4	825,1	536,5	114,7	114,7	114,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	5,87466	4,96417	4,85717	4,85876	4,85824	4,85265	4,85107	5,08572	5,34961	5,14276	5,48536	5,87262	6,12986	6,2789	6,63974	6,16484	6,04033	6,03793	6,92938	7,48943	8,32938	8,42109	7,90415	6,785

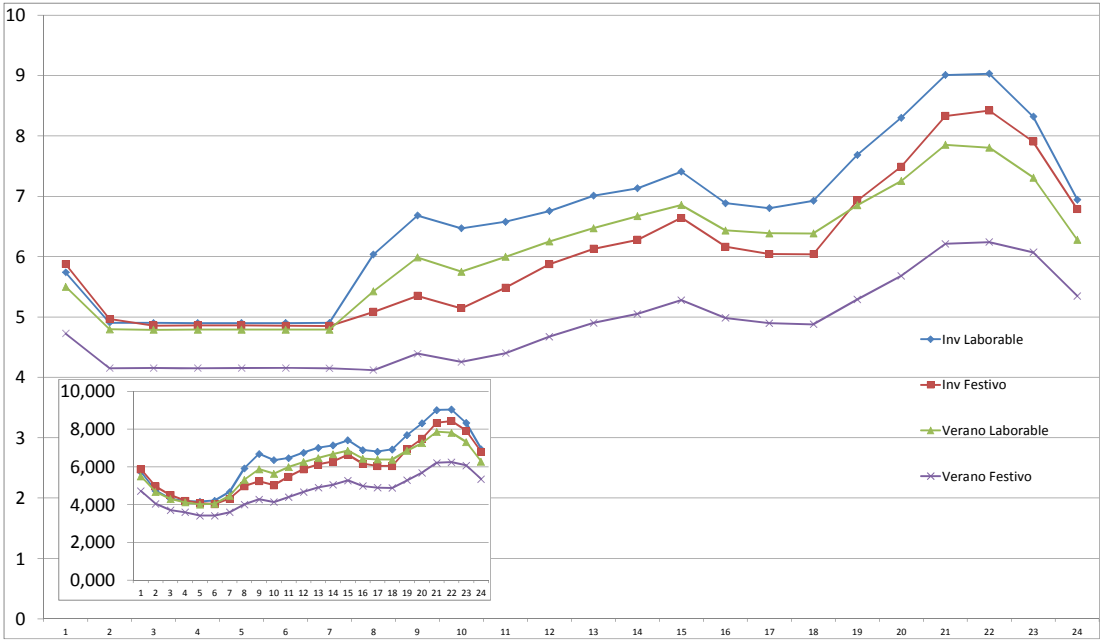


Dia Ver Laborable

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Pinic (kW)	5501,02	4668,38	4299,56	4120,08	4006	4039,66	4467,9	5310,76	5870,8	5634,36	5995,61	6250,53	6470,1	6669,09	6855,02	6435,03	6387,17	6384,77	6851,23	7253,36	7852,97	7803,87	7309,89	6278,47
t=150	0	34	132	181	212	203	87	31	31	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nº CHARGE	0	125,8	488,4	669,7	784,4	751,1	321,9	114,7	114,7	114,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	0	0,1258	0,4884	0,6697	0,7844	0,7511	0,3219	0,1147	0,1147	0,1147	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	5,50102	4,79418	4,78796	4,78978	4,7904	4,79076	4,7898	5,42546	5,9855	5,74906	5,99561	6,25053	6,4701	6,66909	6,85502	6,43503	6,38717	6,38477	6,85123	7,25336	7,85297	7,80387	7,30989	6,27847

Dia Ver Festivo

Pinic (kW)	4723,26	4044,71	3708,79	3593,52	3412,48	3417,3	3594,09	4009,3	4277,24	4135,21	4399,54	4674,49	4902,89	5051,13	5277,3	4983,07	4897,37	4878,18	5287,68	5680,91	6211,97	6241,11	6070,96	5347,47
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	0	29	120	151	200	199	150	30	31	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	0	107,3	444	558,7	740	736,3	555	111	114,7	118,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	4,72326	4,15201	4,15279	4,15222	4,15248	4,1536	4,14909	4,1203	4,39194	4,25361	4,39954	4,67449	4,90289	5,05113	5,2773	4,98307	4,89737	4,87818	5,28768	5,68091	6,21197	6,24111	6,07096	5,34747



ANEXO IV.II. Resultados Obtenidos Estrategia 90%-10% con penetración 20%

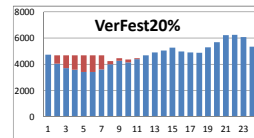
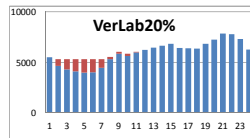
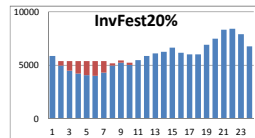
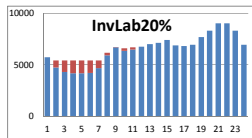
## 20% Penetración (566cars-62cars)

### Día Inv Laborable

Pinic (kW)	5736,4	4733,8	4308,46	4186,06	4155,84	4207,63	4671,13	5922,81	6681,01	6354,42	6461,24	6753,79	7010,61	7131,88	7406,79	6883,75	6802,89	6925,25	7684,47	8300,37	9007,95	9029,87	8319,48	6942,91
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	0	187	302	335	343	328	203	62	1	62	61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	0	691,9	1117,4	1239,5	1269,1	1213,6	751,1	229,4	3,7	229,4	225,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	5,7364	5,4257	5,42586	5,42556	5,42494	5,42123	5,42223	6,15221	6,68471	6,58382	6,68694	6,75379	7,01061	7,13188	7,40679	6,88375	6,80289	6,92525	7,68447	8,30037	9,00795	9,02987	8,31948	6,94291

### Día Inv Festivo

Pinic (kW)	5874,66	4964,17	4509,37	4214,96	4073,84	4027,55	4314,57	4971,02	5234,91	5028,06	5485,36	5872,62	6129,86	6278,9	6639,74	6164,84	6040,33	6037,93	6929,38	7489,43	8329,38	8421,09	7904,15	6785
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	0	117	240	320	358	370	292	62	62	62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	0	432,9	888	1184	1324,6	1369	1080,4	229,4	229,4	229,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	5,87466	5,39707	5,39737	5,39896	5,39844	5,39655	5,39497	5,20042	5,46431	5,25746	5,48536	5,87262	6,12986	6,2789	6,63974	6,16484	6,04033	6,03793	6,92938	7,48943	8,32938	8,42109	7,90415	6,785

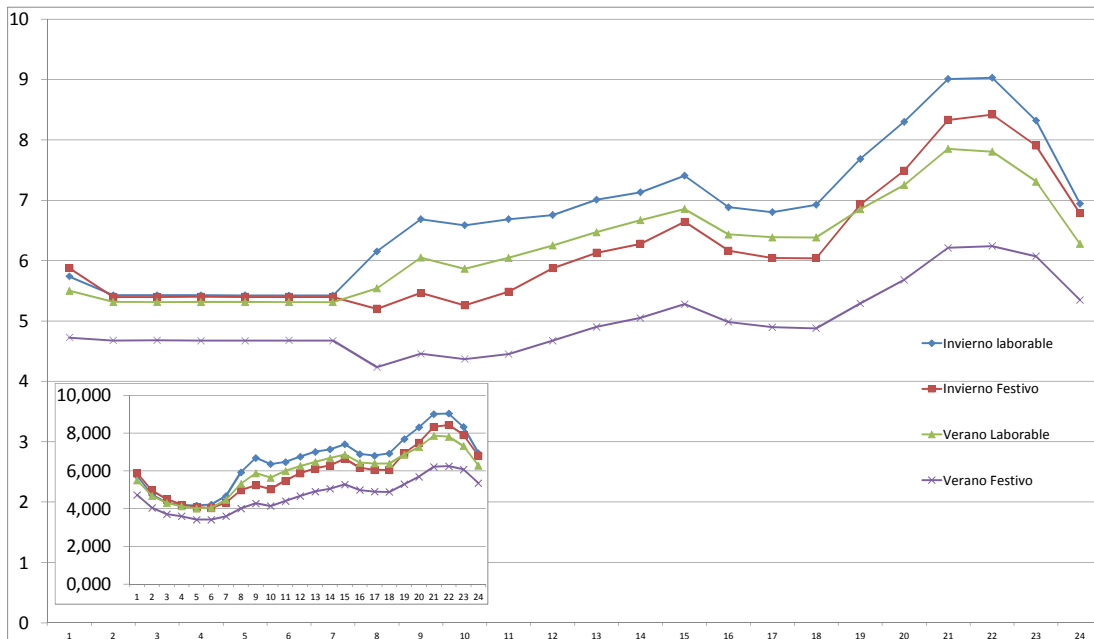


### Día Ver Laborable

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Pinic (kW)	5501,02	4668,38	4299,56	4120,08	4006	4039,66	4467,9	5310,76	5870,8	5634,36	5995,61	6250,53	6470,1	6669,09	6855,02	6435,03	6387,17	6384,77	6851,23	7253,36	7852,97	7803,87	7309,89	6278,47
t=150	0	175	274	323	354	344	228	62	48	62	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nº CHARGE	0	647,5	1013,8	1195,1	1309,8	1272,8	843,6	229,4	177,6	229,4	51,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	0	0,6475	1,0138	1,1951	1,3098	1,2728	0,8436	0,2294	0,1776	0,2294	0,0518	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	5,50102	5,31588	5,31336	5,31518	5,3158	5,31246	5,3115	5,54016	6,0484	5,86376	6,04741	6,25053	6,4701	6,66909	6,85502	6,43503	6,38717	6,38477	6,85123	7,25336	7,85297	7,80387	7,30989	6,27847

### Día Ver Festivo

Pinic (kW)	4723,26	4044,71	3708,79	3593,52	3412,48	3417,3	3594,09	4009,3	4277,24	4135,21	4399,54	4674,49	4902,89	5051,13	5277,3	4983,07	4897,37	4878,18	5287,68	5680,91	6211,97	6241,11	6070,96	5347,47
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	0	171	262	292	341	340	292	61	48	63	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	0	632,7	969,4	1080,4	1261,7	1258	1080,4	225,7	177,6	233,1	51,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	4,72326	4,67741	4,67819	4,67392	4,67418	4,6753	4,67449	4,235	4,45484	4,36831	4,45134	4,67449	4,90289	5,05113	5,2773	4,98307	4,89737	4,87818	5,28768	5,68091	6,21197	6,24111	6,07096	5,34747



ANEXO IV.III. Resultados Obtenidos Estrategia 90%-10% con penetración 30%

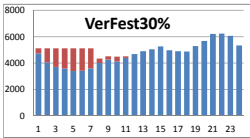
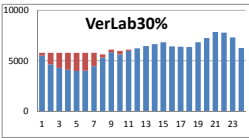
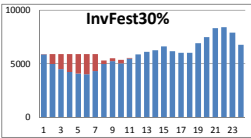
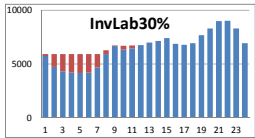
30% Penetración (849cars-93cars)

Dia Inv Laborable

Pinic (kW)	5736,4	4733,8	4308,46	4186,06	4155,84	4207,63	4671,13	5922,81	6681,01	6354,42	6461,24	6753,79	7010,61	7131,88	7406,79	6883,75	6802,89	6925,25	7684,47	8300,37	9007,95	9029,87	8319,48	6942,91
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	49	320	435	468	476	462	337	93	17	93	76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	181,3	1184	1609,5	1731,6	1761,2	1709,4	1246,9	344,1	62,9	344,1	281,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	5,9177	5,9178	5,91796	5,91766	5,91704	5,91703	5,91803	6,26691	6,74391	6,69852	6,74244	6,75379	7,01061	7,13188	7,40679	6,88375	6,80289	6,92525	7,68447	8,30037	9,00795	9,02987	8,31948	6,94291

Dia Inv Festivo

Pinic (kW)	5874,66	4964,17	4509,37	4214,96	4073,84	4027,55	4314,57	4971,02	5234,91	5028,06	5485,36	5872,62	6129,86	6278,9	6639,74	6164,84	6040,33	6037,93	6929,38	7489,43	8329,38	8421,09	7904,15	6785
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	11	257	380	460	498	509	431	93	80	93	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	40,7	950,9	1406	1702	1842,6	1883,3	1594,7	344,1	296	344,1	48,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	5,91536	5,91507	5,91537	5,91696	5,91644	5,91085	5,90927	5,31512	5,53091	5,37216	5,53346	5,87262	6,12986	6,2789	6,63974	6,16484	6,04033	6,03793	6,92938	7,48943	8,32938	8,42109	7,90415	6,785

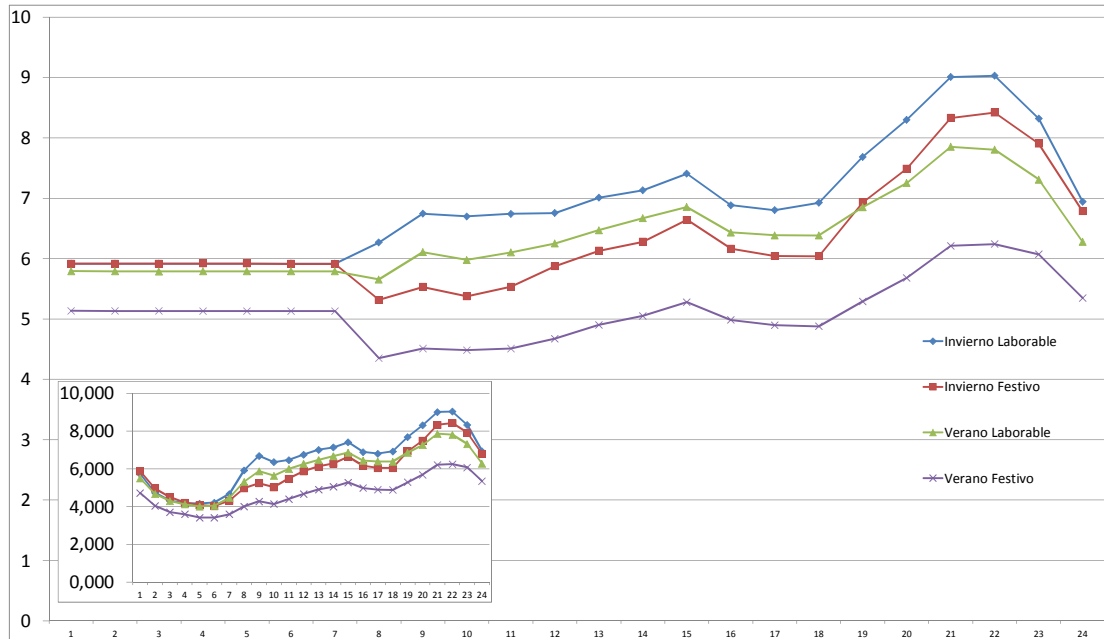


Dia Ver Laborable

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Pinic (kW)	5501,02	4668,38	4299,56	4120,08	4006	4039,66	4467,9	5310,76	5870,8	5634,36	5995,61	6250,53	6470,1	6669,09	6855,02	6435,03	6387,17	6384,77	6851,23	7253,36	7852,97	7803,87	7309,89	6278,47
t=150	79	303	402	451	482	473	357	93	64	93	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nº CHARGE	292,3	1121,1	1487,4	1668,7	1783,4	1750,1	1320,9	344,1	236,8	344,1	107,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	0,2923	1,1211	1,4874	1,6687	1,7834	1,7501	1,3209	0,3441	0,2368	0,3441	0,1073	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	5,79332	5,78948	5,78696	5,78878	5,7894	5,78976	5,7888	5,65486	6,1076	5,97846	6,10291	6,25053	6,4701	6,66909	6,85502	6,43503	6,38717	6,38477	6,85123	7,25336	7,85297	7,80387	7,30989	6,27847

Dia Ver Festivo

Pinic (kW)	4723,26	4044,71	3708,79	3593,52	3412,48	3417,3	3594,09	4009,3	4277,24	4135,21	4399,54	4674,49	4902,89	5051,13	5277,3	4983,07	4897,37	4878,18	5287,68	5680,91	6211,97	6241,11	6070,96	5347,47
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	111	294	385	415	464	463	415	92	63	94	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	410,7	1087,8	1424,5	1535,5	1716,8	1713,1	1535,5	340,4	233,1	347,8	111	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	5,13396	5,13251	5,13329	5,12902	5,12928	5,1304	5,12959	4,3497	4,51034	4,48301	4,51054	4,67449	4,90289	5,05113	5,2773	4,98307	4,89737	4,87818	5,28768	5,68091	6,21197	6,24111	6,07096	5,34747



ANEXO IV.IV. Resultados Obtenidos Estrategia 90%-10% con penetración 40%

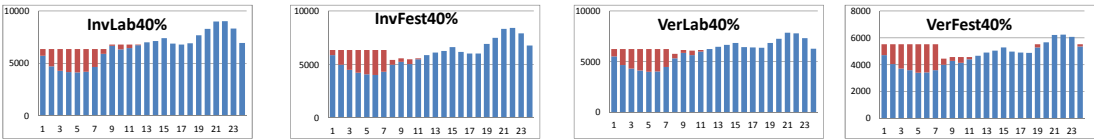
40% Penetración (1132cars-124cars)

Dia Inv Laborable

Pinic (kW)	5736,4	4733,8	4308,46	4186,06	4155,84	4207,63	4671,13	5922,81	6681,01	6354,42	6461,24	6753,79	7010,61	7131,88	7406,79	6883,75	6802,89	6925,25	7684,47	8300,37	9007,95	9029,87	8319,48	6942,91
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	171	442	556	589	597	583	458	124	30	118	90	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	632,7	1635,4	2057,2	2179,3	2208,9	2157,1	1694,6	458,8	111	436,6	333	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	6,3691	6,3692	6,36566	6,36536	6,36474	6,36473	6,36573	6,38161	6,79201	6,79102	6,79424	6,79079	7,01061	7,13188	7,40679	6,88375	6,80289	6,92525	7,68447	8,30037	9,00795	9,02987	8,31948	6,94291

Dia Inv Festivo

Pinic (kW)	5874,66	4964,17	4509,37	4214,96	4073,84	4027,55	4314,57	4971,02	5234,91	5028,06	5485,36	5872,62	6129,86	6278,9	6639,74	6164,84	6040,33	6037,93	6929,38	7489,43	8329,38	8421,09	7904,15	6785
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	132	378	501	581	619	631	553	124	96	124	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	488,4	1398,6	1853,7	2149,7	2290,3	2334,7	2046,1	458,8	355,2	458,8	103,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	6,36306	6,36277	6,36307	6,36466	6,36414	6,36225	6,36067	5,42982	5,59011	5,48686	5,58896	5,87262	6,12986	6,2789	6,63974	6,16484	6,04033	6,03793	6,92938	7,48943	8,32938	8,42109	7,90415	6,785

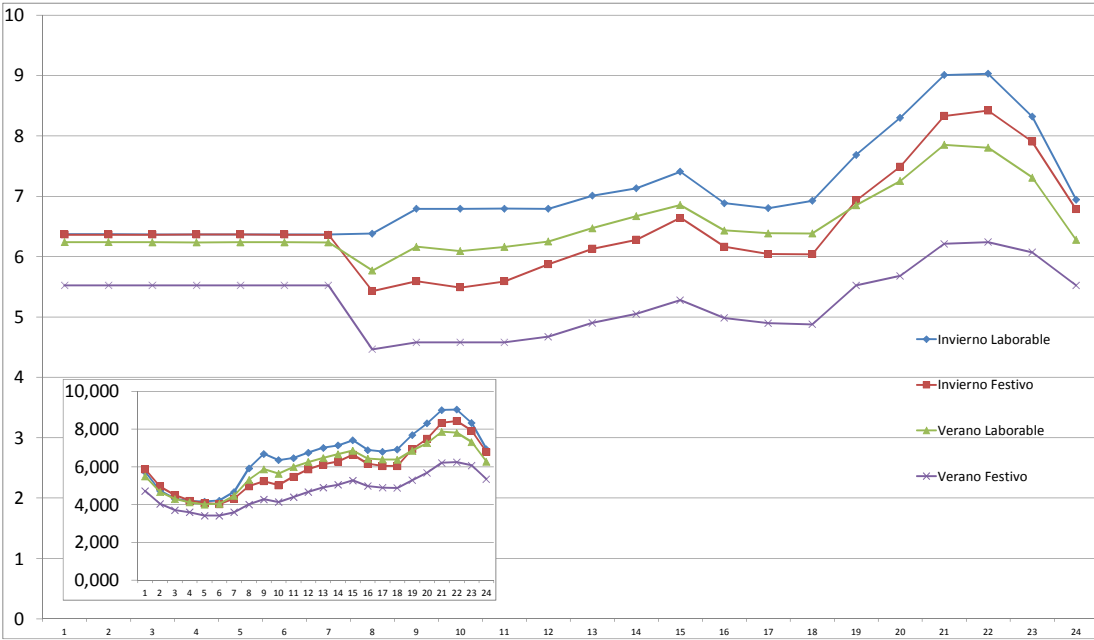


Dia Ver Laborable

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Pinic (kW)	5501,02	4668,38	4299,56	4120,08	4006	4039,66	4467,9	5310,76	5870,8	5634,36	5995,61	6250,53	6470,1	6669,09	6855,02	6435,03	6387,17	6384,77	6851,23	7253,36	7852,97	7803,87	7309,89	6278,47
t=150	200	425	524	572	603	594	478	124	79	124	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nº CHARGE	740	1572,5	1938,8	2116,4	2231,1	2197,8	1768,6	458,8	292,3	458,8	166,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	0,74	1,5725	1,9388	2,1164	2,2311	2,1978	1,7686	0,4588	0,2923	0,4588	0,1665	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	6,24102	6,24088	6,23836	6,23648	6,2371	6,23746	6,2365	5,76956	6,1631	6,09316	6,16211	6,25053	6,4701	6,66909	6,85502	6,43503	6,38717	6,38477	6,85123	7,25336	7,85297	7,80387	7,30989	6,27847

Dia Ver Festivo

Pinic (kW)	4723,26	4044,71	3708,79	3593,52	3412,48	3417,3	3594,09	4009,3	4277,24	4135,21	4399,54	4674,49	4902,89	5051,13	5277,3	4983,07	4897,37	4878,18	5287,68	5680,91	6211,97	6241,11	6070,96	5347,47
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	216	399	490	521	570	569	521	123	81	120	48	0	0	0	0	0	0	0	63	0	0	0	0	47
CHARGE(kW)	799,2	1476,3	1813	1927,7	2109	2105,3	1927,7	455,1	299,7	444	177,6	0	0	0	0	0	0	0	233,1	0	0	0	0	173,9
Pot(MW)	5,52246	5,52101	5,52179	5,52122	5,52148	5,5226	5,52179	4,4644	4,57694	4,57921	4,57714	4,67449	4,90289	5,05113	5,2773	4,98307	4,89737	4,87818	5,52078	5,68091	6,21197	6,24111	6,07096	5,52137



ANEXO IV.V. Resultados Obtenidos Estrategia 90%-10% con penetración 50%

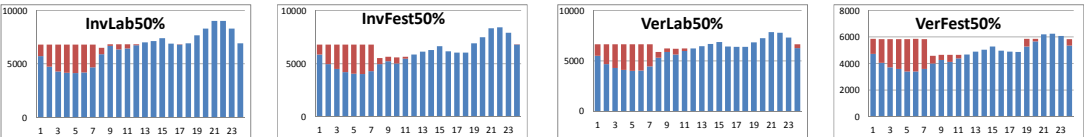
50% Penetración (1415cars-156cars)

Dia Inv Laborable

Pinic (kW)	5736,4	4733,8	4308,46	4186,06	4155,84	4207,63	4671,13	5922,81	6681,01	6354,42	6461,24	6753,79	7010,61	7131,88	7406,79	6883,75	6802,89	6925,25	7684,47	8300,37	9007,95	9029,87	8319,48	6942,91
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	292	563	678	711	718	704	579	156	44	132	103	23	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	1080,4	2083,1	2508,6	2630,7	2656,6	2604,8	2142,3	577,2	162,8	488,4	381,1	85,1	0	0	0	0	37	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	6,8168	6,8169	6,81706	6,81676	6,81244	6,81243	6,81343	6,50001	6,84381	6,84282	6,84234	6,83889	7,01061	7,13188	7,40679	6,88375	6,83989	6,92525	7,68447	8,30037	9,00795	9,02987	8,31948	6,94291

Dia Inv Festivo

Pinic (kW)	5874,66	4964,17	4509,37	4214,96	4073,84	4027,55	4314,57	4971,02	5234,91	5028,06	5485,36	5872,62	6129,86	6278,9	6639,74	6164,84	6040,33	6037,93	6929,38	7489,43	8329,38	8421,09	7904,15	6785
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	253	499	621	701	739	751	673	156	112	156	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
CHARGE(kW)	936,1	1846,3	2297,7	2593,7	2734,3	2778,7	2490,1	577,2	414,4	577,2	162,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25,9
Pot(MW)	6,81076	6,81047	6,80707	6,80866	6,80814	6,80625	6,80467	5,54822	5,64931	5,60526	5,64816	5,87262	6,12586	6,2789	6,63974	6,16484	6,04033	6,03793	6,92938	7,48943	8,32938	8,42109	7,90415	6,8109

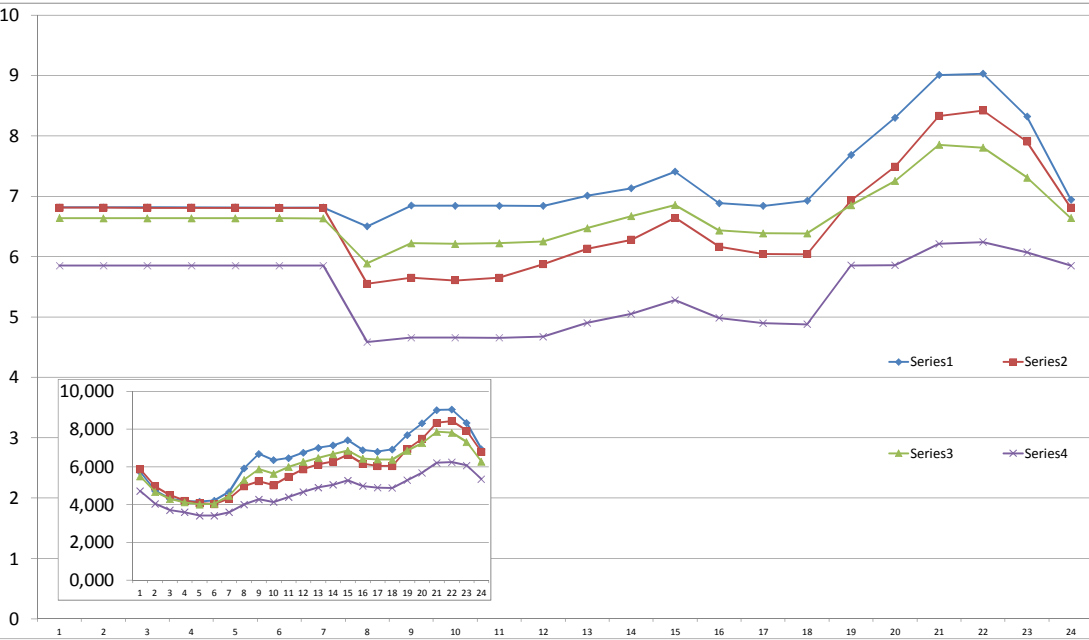


Dia Ver Laborable

Pinic (kW)	5501,02	4668,38	4299,56	4120,08	4006	4039,66	4467,9	5310,76	5870,8	5634,36	5995,61	6250,53	6470,1	6669,09	6855,02	6435,03	6387,17	6384,77	6851,23	7253,36	7852,97	7803,87	7309,89	6278,47
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	307	532	631	680	711	702	585	156	95	156	61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	97
CHARGE(kW)	1135,9	1968,4	2334,7	2516	2630,7	2597,4	2164,5	577,2	351,5	577,2	225,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	358,9
Pot(MW)	1,1359	1,9684	2,3347	2,516	2,6307	2,5974	2,1645	0,5772	0,3515	0,5772	0,2257	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3589
Pot(MW)	6,63692	6,63678	6,63426	6,63608	6,6367	6,63706	6,6324	5,88796	6,2223	6,21156	6,22131	6,25053	6,4701	6,66909	6,85502	6,43503	6,38717	6,38477	6,85123	7,25336	7,85297	7,80387	7,30989	6,63737

Dia Ver Festivo

Pinic (kW)	4723,26	4044,71	3708,79	3593,52	3412,48	3417,3	3594,09	4009,3	4277,24	4135,21	4399,54	4674,49	4902,89	5051,13	5277,3	4983,07	4897,37	4878,18	5287,68	5680,91	6211,97	6241,11	6070,96	5347,47
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	305	488	579	610	659	658	610	155	103	141	69	0	0	0	0	0	0	0	153	47	0	0	0	136
CHARGE(kW)	1128,5	1805,6	2142,3	2257	2438,3	2434,6	2257	573,5	381,1	521,7	255,3	0	0	0	0	0	0	0	566,1	173,9	0	0	0	503,2
Pot(MW)	5,85176	5,85031	5,85109	5,85052	5,85078	5,8519	5,85109	4,5828	4,65834	4,65691	4,64884	4,67449	4,90289	5,05113	5,2773	4,98307	4,89737	4,87818	5,85378	5,85481	6,21197	6,24111	6,07096	5,85067



## ANEXO V. Resultados Obtenidos Estrategia 90%-10% con V2G

ANEXO V.I. Resultados Obtenidos Estrategia 90%-10% con V2G con penetración 10%

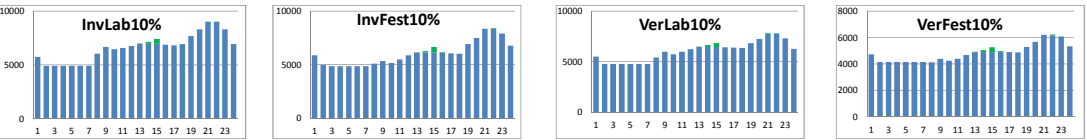
10% Penetración (283cars-31cars) V2G

Dia Inv Laborable

Pinic (kW)	5736,4	4733,8	4308,46	4186,06	4155,84	4207,63	4671,13	5922,81	6681,01	6354,42	6461,24	6753,79	7010,61	7131,88	7406,79	6883,75	6802,89	6925,25	7684,47	8300,37	9007,95	9029,87	8319,48	6942,91
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	0	46	160	193	201	187	62	31	0	31	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	0	170,2	592	714,1	743,7	691,9	229,4	114,7	0	114,7	114,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	5736,4	4904	4900,46	4900,16	4899,54	4899,53	4900,53	6037,51	6681,01	6469,12	6575,94	6753,79	7010,61	6958,08	6957,99	6883,75	6802,89	6925,25	7684,47	8300,37	8983,75	8983,67	8319,48	6942,91
V2G (KW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	173,8	448,8	0	0	0	0	0	24,2	46,2	0	0

Dia Inv Festivo

Pinic (kW)	5874,66	4964,17	4509,37	4214,96	4073,84	4027,55	4314,57	4971,02	5234,91	5028,06	5485,36	5872,62	6129,86	6278,9	6639,74	6164,84	6040,33	6037,93	6929,38	7489,43	8329,38	8421,09	7904,15	6785
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	0	0	94	174	212	223	145	31	31	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	0	0	347,8	643,8	784,4	825,1	536,5	114,7	114,7	114,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	5874,66	4964,17	4857,17	4858,76	4858,24	4852,65	4851,07	5085,72	5349,61	5142,76	5485,36	5872,62	6129,86	6153,5	6153,54	6153,84	6040,33	6037,93	6929,38	7489,43	8327,18	8352,89	7904,15	6785
V2G (KW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	125,4	486,2	11	0	0	0	0	2,2	68,2	0	0

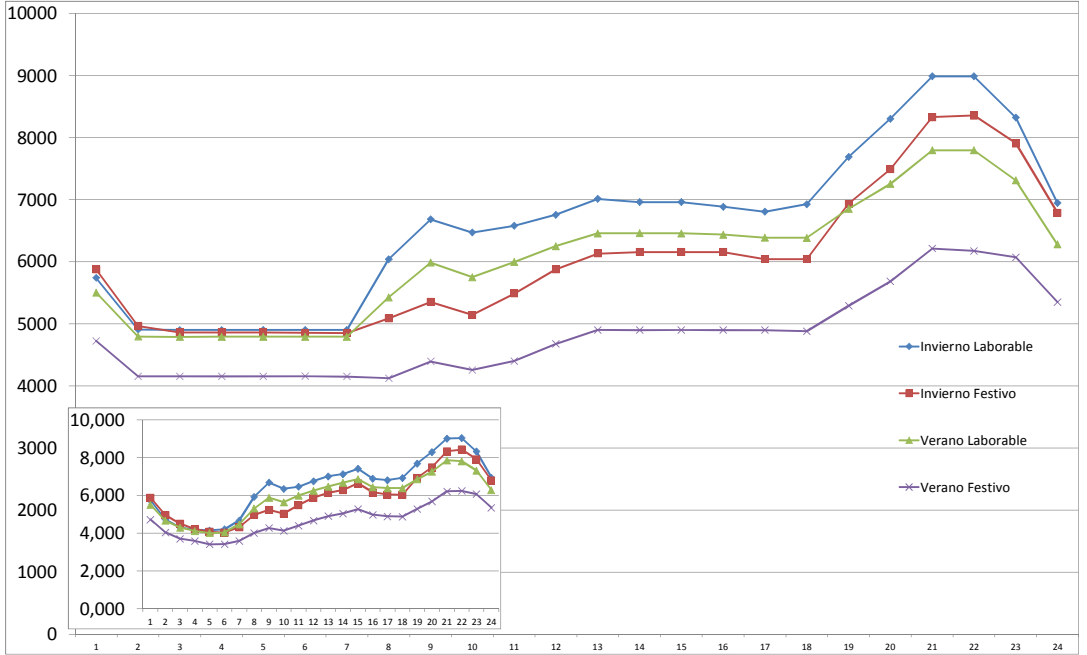


Dia Ver Laborable

Pinic (kW)	5501,02	4668,38	4299,56	4120,08	4006	4039,66	4467,9	5310,76	5870,8	5634,36	5995,61	6250,53	6470,1	6669,09	6855,02	6435,03	6387,17	6384,77	6851,23	7253,36	7852,97	7803,87	7309,89	6278,47
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	0	34	132	181	212	203	87	31	31	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	0	125,8	488,4	669,7	784,4	751,1	321,9	114,7	114,7	114,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	5501,02	4794,18	4787,96	4789,78	4790,4	4790,76	4789,8	5425,46	5985,5	5749,06	5995,61	6250,53	6456,9	6457,89	6456,82	6435,03	6387,17	6384,77	6851,23	7253,36	7793,57	7792,87	7309,89	6278,47
V2G (KW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13,2	211,2	398,2	0	0	0	0	59,4	11	0	0	0

Dia Ver Festivo

Pinic (kW)	4723,26	4044,71	3708,79	3593,52	3412,48	3417,3	3594,09	4009,3	4277,24	4135,21	4399,54	4674,49	4902,89	5051,13	5277,3	4983,07	4897,37	4878,18	5287,68	5680,91	6211,97	6241,11	6070,96	5347,47
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	0	29	120	151	200	199	150	30	31	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	0	107,3	444	558,7	740	736,3	555	111	114,7	118,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	4723,26	4152,01	4152,79	4152,22	4152,48	4153,6	4149,09	4120,3	4391,94	4253,61	4399,54	4674,49	4898,49	4897,13	4898,9	4897,27	4897,37	4878,18	5287,68	5680,91	6211,97	6172,91	6068,76	5347,47
V2G (KW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,4	154	378,4	85,8	0	0	0	0	68,2	2,2	0	0





ANEXO V.II. Resultados Obtenidos Estrategia 90%-10% con V2G con penetración 20%

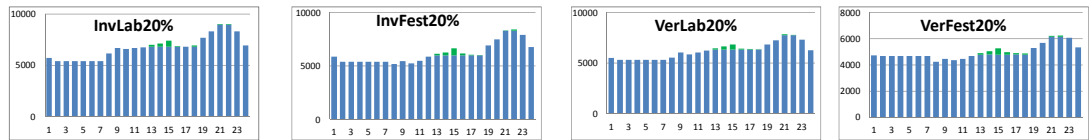
20% Penetración (566cars-62cars) V2G

Dia Inv Laborable

Pinic (kW)	5736,4	4733,8	4308,46	4186,06	4155,84	4207,63	4671,13	5922,81	6681,01	6354,42	6461,24	6753,79	7010,61	7131,88	7406,79	6883,75	6802,89	6925,25	7684,47	8300,37	9007,95	9029,87	8319,48	6942,91
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	0	187	302	335	343	328	203	62	1	62	61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(KW)	0	691,9	1117,4	1239,5	1269,1	1213,6	751,1	229,4	3,7	229,4	225,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	5736,4	5425,7	5425,86	5425,56	5424,94	5421,23	5422,23	6152,21	6684,71	6583,82	6686,94	6753,79	6821,41	6821,68	6823,79	6822,15	6802,89	6824,05	7684,47	8300,37	8950,75	8948,47	8319,48	6942,91
V2G (KW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	189,2	310,2	583	61,6	0	101,2	0	0	57,2	81,4	0	0

Dia Inv Festivo

Pinic (kW)	5874,66	4964,17	4509,37	4214,96	4073,84	4027,55	4314,57	4971,02	5234,91	5028,06	5485,36	5872,62	6129,86	6278,9	6639,74	6164,84	6040,33	6037,93	6929,38	7489,43	8329,38	8421,09	7904,15	6785
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	0	117	240	320	358	370	292	62	62	62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(KW)	0	432,9	888	1184	1324,6	1369	1080,4	229,4	229,4	229,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	5874,66	5397,07	5397,37	5398,96	5398,44	5396,55	5394,97	5200,42	5464,31	5257,46	5485,36	5872,62	6008,86	6008,3	6008,34	6006,44	6007,33	6007,13	6929,38	7489,43	8305,18	8306,69	7904,15	6785
V2G (KW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	121	270,6	631,4	158,4	33	30,8	0	0	24,2	114,4	0	0

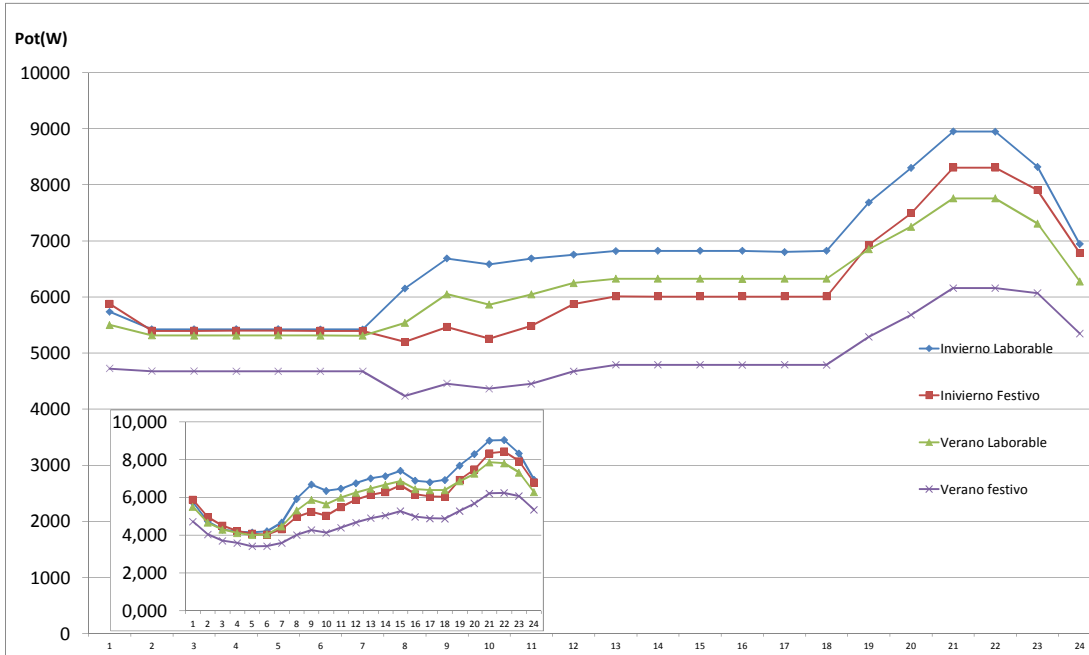


Dia Ver Laborable

Pinic (kW)	5501,02	4668,38	4299,56	4120,08	4006	4039,66	4467,9	5310,76	5870,8	5634,36	5995,61	6250,53	6470,1	6669,09	6855,02	6435,03	6387,17	6384,77	6851,23	7253,36	7852,97	7803,87	7309,89	6278,47
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	0	175	274	323	354	344	228	62	48	62	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(KW)	0	647,5	1013,8	1195,1	1309,8	1272,8	843,6	229,4	177,6	229,4	51,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	5501,02	5315,88	5313,36	5315,18	5315,8	5312,46	5311,5	5540,16	6048,4	5863,76	6047,41	6250,53	6327,1	6325,89	6327,02	6325,03	6325,57	6325,37	6851,23	7253,36	7758,37	7759,87	7309,89	6278,47
V2G (KW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	143	343,2	528	110	61,6	59,4	0	0	94,6	44	0	0

Dia Ver Festivo

Pinic (kW)	4723,26	4044,71	3708,79	3593,52	3412,48	3417,3	3594,09	4009,3	4277,24	4135,21	4399,54	4674,49	4902,89	5051,13	5277,3	4983,07	4897,37	4878,18	5287,68	5680,91	6211,97	6241,11	6070,96	5347,47
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	0	171	262	292	341	340	292	61	48	63	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(KW)	0	632,7	969,4	1080,4	1261,7	1258	1080,4	225,7	177,6	233,1	51,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	4723,26	4677,41	4678,19	4673,92	4674,18	4675,3	4674,49	4235	4454,84	4368,31	4451,34	4674,49	4790,69	4791,53	4791,1	4789,47	4791,77	4790,18	5287,68	5680,91	6156,97	6157,51	6070,96	5347,47
V2G (KW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	112,2	259,6	486,2	193,6	105,6	88	0	0	55	83,6	0	0



ANEXO V.III. Resultados Obtenidos Estrategia 90%-10% con V2G con penetración 30%

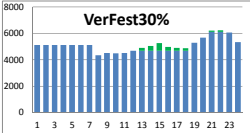
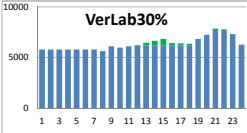
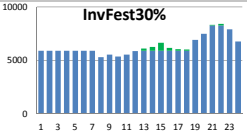
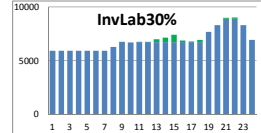
30% Penetración (849cars-93cars) V2G

Dia Inv Laborable

Pinic (kW)	5736,4	4733,8	4308,46	4186,06	4155,84	4207,63	4671,13	5922,81	6681,01	6354,42	6461,24	6753,79	7010,61	7131,88	7406,79	6883,75	6802,89	6925,25	7684,47	8300,37	9007,95	9029,87	8319,48	6942,91
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	49	320	435	468	476	462	337	93	17	93	76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(KW)	181,3	1184	1609,5	1731,6	1761,2	1709,4	1246,9	344,1	62,9	344,1	281,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	5917,7	5917,8	5917,96	5917,66	5917,04	5917,03	5918,03	6266,91	6743,91	6698,52	6720,44	6722,99	6724,61	6724,88	6724,79	6723,15	6723,69	6725,05	7684,47	8300,37	8913,35	8915,47	8319,48	6942,91
V2G (KW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	30,8	286	407	682	160,6	79,2	200,2	0	0	94,6	114,4	0	0

Dia Inv Festivo

Pinic (kW)	5874,66	4964,17	4509,37	4214,96	4073,84	4027,55	4314,57	4971,02	5234,91	5028,06	5485,36	5872,62	6129,86	6278,9	6639,74	6164,84	6040,33	6037,93	6929,38	7489,43	8329,38	8421,09	7904,15	6785
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	11	257	380	460	498	509	431	93	80	93	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(KW)	40,7	950,9	1406	1702	1842,6	1883,3	1594,7	344,1	296	344,1	48,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	5915,36	5915,07	5915,37	5916,96	5916,44	5910,85	5909,27	5315,12	5530,91	5372,16	5533,46	5872,62	5903,26	5904,9	5902,74	5905,24	5903,93	5903,73	6929,38	7489,43	8269,98	8271,49	7904,15	6785
V2G (KW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	226,6	374	737	259,6	136,4	134,2	0	0	59,4	149,6	0	0

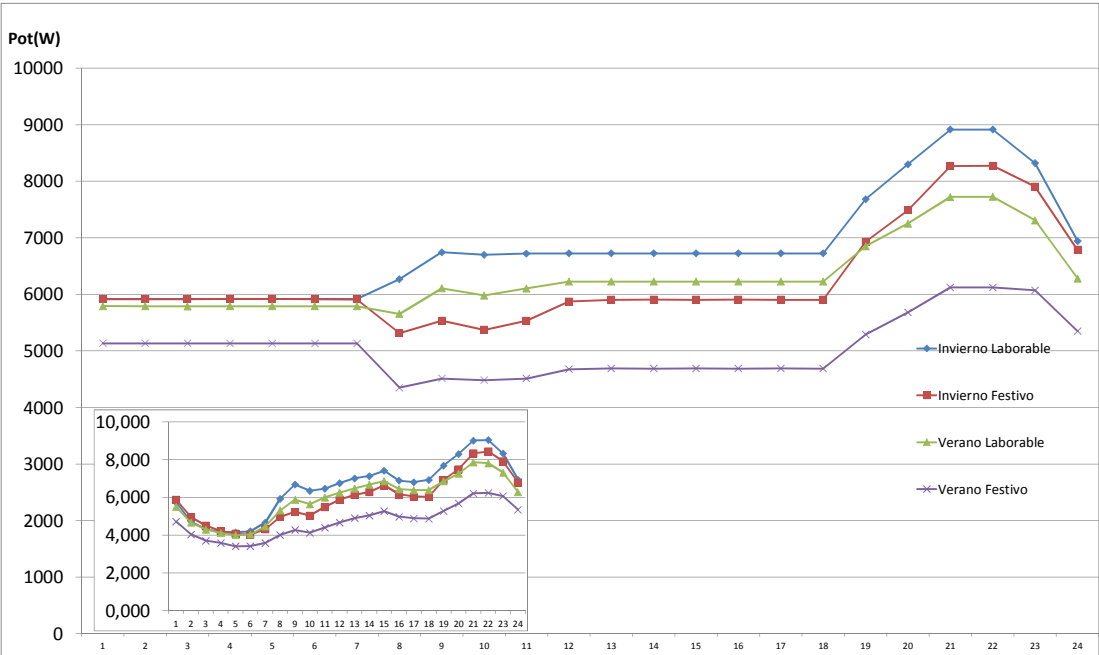


Dia Ver Laborable

Pinic (kW)	5501,02	4668,38	4299,56	4120,08	4006	4039,66	4467,9	5310,76	5870,8	5634,36	5995,61	6250,53	6470,1	6669,09	6855,02	6435,03	6387,17	6384,77	6851,23	7253,36	7852,97	7803,87	7309,89	6278,47
t=150	79	303	402	451	482	473	357	93	64	93	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nº CHARGE	292,3	1121,1	1487,4	1668,7	1783,4	1750,1	1320,9	344,1	236,8	344,1	107,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(KW)	0,2923	1,1211	1,4874	1,6687	1,7834	1,7501	1,3209	0,3441	0,2368	0,3441	0,1073	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	5793,32	5789,48	5786,96	5788,78	5789,4	5789,76	5788,8	5654,86	6107,6	5978,46	6102,91	6226,33	6225,9	6226,89	6225,82	6226,03	6226,57	6226,37	6851,23	7253,36	7723,17	7724,67	7309,89	6278,47
V2G (KW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24,2	244,2	442,2	629,2	209	160,6	158,4	0	129,8	79,2	0	0

Dia Ver Festivo

Pinic (kW)	4723,26	4044,71	3708,79	3593,52	3412,48	3417,3	3594,09	4009,3	4277,24	4135,21	4399,54	4674,49	4902,89	5051,13	5277,3	4983,07	4897,37	4878,18	5287,68	5680,91	6211,97	6241,11	6070,96	5347,47
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	111	294	385	415	464	463	415	92	63	94	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(KW)	410,7	1087,8	1424,5	1535,5	1716,8	1713,1	1535,5	340,4	233,1	347,8	111	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	5133,96	5132,51	5133,29	5129,02	5129,28	5130,4	5129,59	4349,7	4510,34	4483,01	4510,54	4674,49	4687,29	4685,93	4687,7	4686,07	4688,37	4686,78	5287,68	5680,91	6121,77	6122,31	6070,96	5347,47
V2G (KW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	215,6	365,2	589,6	297	209	191,4	0	0	90,2	118,8	0	0



ANEXO V.IV. Resultados Obtenidos Estrategia 90%-10% con V2G con penetración 40%

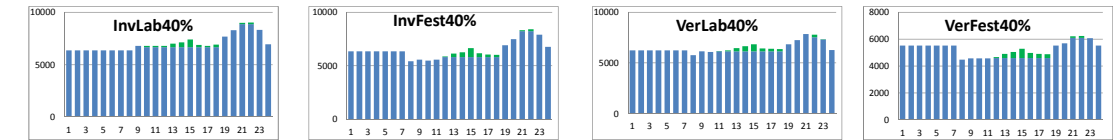
40% Penetración (1132cars-124cars) V2G

Dia Inv Laborable

Pinic (kW)	5736,4	4733,8	4308,46	4186,06	4155,84	4207,63	4671,13	5922,81	6681,01	6354,42	6461,24	6753,79	7010,61	7131,88	7406,79	6883,75	6802,89	6925,25	7684,47	8300,37	9007,95	9029,87	8319,48	6942,91
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	171	442	556	589	597	583	458	124	30	118	90	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	632,7	1635,4	2057,2	2179,3	2208,9	2157,1	1694,6	458,8	111	436,6	333	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	6369,1	6369,2	6365,66	6365,36	6364,74	6364,73	6365,73	6381,61	6792,01	6670,02	6673,24	6669,79	6671,81	6672,08	6671,99	6674,75	6670,89	6672,25	7684,47	8300,37	8880,35	8880,27	8319,48	6942,91
V2G (kW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	121	121	121	338,8	459,8	734,8	209	132	253	0	0	127,6	149,6	0	0

Dia Inv Festivo

Pinic (kW)	5874,66	4964,17	4509,37	4214,96	4073,84	4027,55	4314,57	4971,02	5234,91	5028,06	5485,36	5872,62	6129,86	6278,9	6639,74	6164,84	6040,33	6037,93	6929,38	7489,43	8329,38	8421,09	7904,15	6785
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	132	378	501	581	619	631	553	124	96	124	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	488,4	1398,6	1853,7	2149,7	2290,3	2334,7	2046,1	458,8	355,2	458,8	103,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	6363,06	6362,77	6363,07	6364,66	6364,14	6362,25	6360,67	5429,82	5590,11	5486,86	5588,96	5806,62	5808,66	5808,1	5812,54	5812,84	5811,53	5813,53	6929,38	7489,43	8236,98	8236,29	7904,15	6785
V2G (kW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66	321,2	470,8	827,2	352	228,8	224,4	0	92,4	184,8	0	0

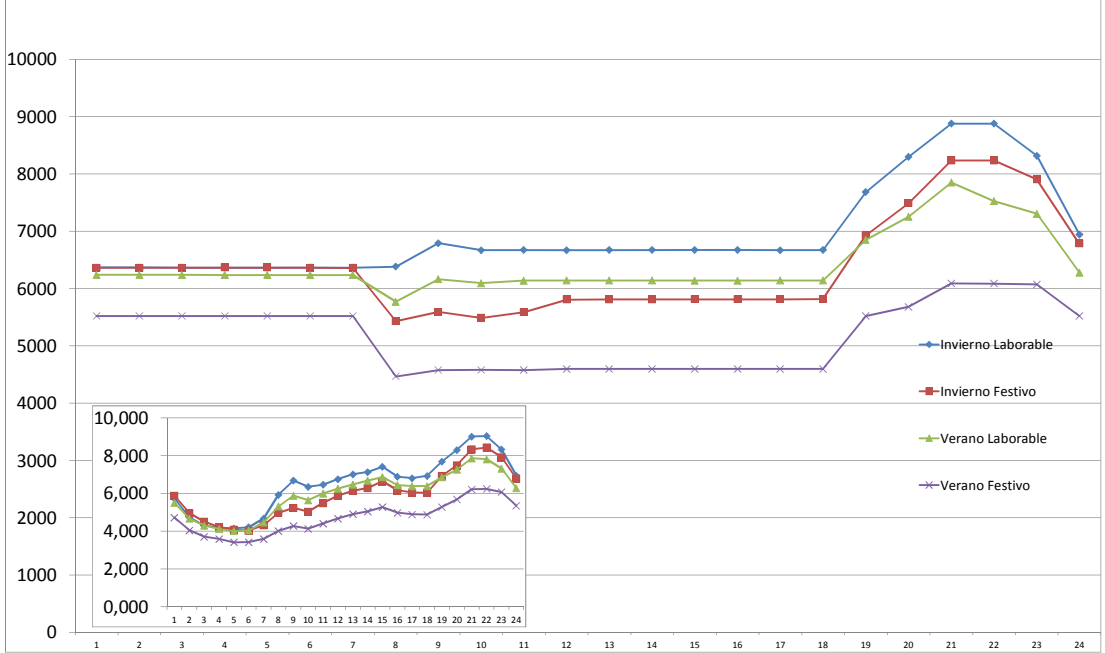


Dia Ver Laborable

Pinic (kW)	5501,02	4668,38	4299,56	4120,08	4006	4039,66	4467,9	5310,76	5870,8	5634,36	5995,61	6250,53	6470,1	6669,09	6855,02	6435,03	6387,17	6384,77	6851,23	7253,36	7852,97	7803,87	7309,89	6278,47
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	200	425	524	572	603	594	478	124	79	124	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	740	1572,5	1938,8	2116,4	2231,1	2197,8	1768,6	458,8	292,3	458,8	166,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	0,74	1,5725	1,9388	2,1164	2,2311	2,1978	1,7686	0,4588	0,2923	0,4588	0,1665	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V2G (kW)	6241,02	6240,88	6238,36	6236,48	6237,1	6237,46	6236,5	5769,56	6163,1	6093,16	6137,91	6140,53	6142,3	6141,09	6140,02	6140,23	6140,77	6140,57	6851,23	7253,36	7852,97	7528,87	7307,69	6278,47

Dia Ver Festivo

Pinic (kW)	4723,26	4044,71	3708,79	3593,52	3412,48	3417,3	3594,09	4009,3	4277,24	4135,21	4399,54	4674,49	4902,89	5051,13	5277,3	4983,07	4897,37	4878,18	5287,68	5680,91	6211,97	6241,11	6070,96	5347,47
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	216	399	490	521	570	569	521	123	81	120	48	0	0	0	0	0	0	0	63	0	0	0	0	47
CHARGE(kW)	799,2	1476,3	1813	1927,7	2109	2105,3	1927,7	455,1	299,7	444	177,6	0	0	0	0	0	0	0	233,1	0	0	0	0	173,9
Pot(MW)	5522,46	5521,01	5521,79	5521,22	5521,48	5522,6	5521,79	4464,4	4576,94	4579,21	4577,14	4597,49	4594,89	4597,93	4595,3	4595,87	4595,97	4596,58	5520,78	5680,91	6088,77	6087,11	6070,96	5521,37
V2G (kW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	77	308	453,2	682	387,2	301,4	281,6	0	0	123,2	154	0	0



ANEXO V.V. Resultados Obtenidos Estrategia 90%-10% con V2G con penetración 50%

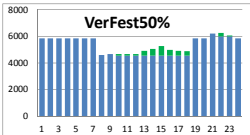
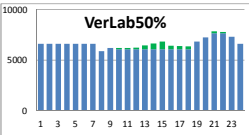
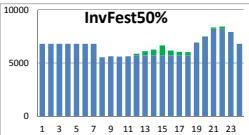
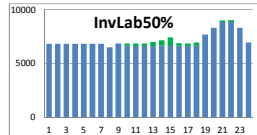
50% Penetración (1415cars-156cars) V2G

Dia Inv Laborable

Pinic (kW)	5736,4	4733,8	4308,46	4186,06	4155,84	4207,63	4671,13	5922,81	6681,01	6354,42	6461,24	6753,79	7010,61	7131,88	7406,79	6883,75	6802,89	6925,25	7684,47	8300,37	9007,95	9029,87	8319,48	6942,91
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	292	563	678	711	718	704	579	156	44	132	103	23	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	1080,4	2083,1	2508,6	2630,7	2656,6	2604,8	2142,3	577,2	162,8	488,4	381,1	85,1	0	0	0	0	37	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	6816,8	6816,9	6817,06	6816,76	6812,44	6813,43	6500,01	6843,81	6625,02	6620,14	6621,09	6623,41	6625,88	6623,59	6624,15	6619,89	6626,05	7684,47	8300,37	8845,15	8845,07	8319,48	6942,91	
V2G (kW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	217,8	222,2	217,8	387,2	506	783,2	259,6	220	299,2	0	0	162,8	184,8	0	0

Dia Inv Festivo

Pinic (kW)	5874,66	4964,17	4509,37	4214,96	4073,84	4027,55	4314,57	4971,02	5234,91	5028,06	5485,36	5872,62	6129,86	6278,9	6639,74	6164,84	6040,33	6037,93	6929,38	7489,43	8329,38	8421,09	7904,15	6785
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	253	499	621	701	739	751	673	156	112	156	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
CHARGE(kW)	936,1	1846,3	2297,7	2593,7	2734,3	2778,7	2490,1	577,2	414,4	577,2	162,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25,9
Pot(MW)	6810,76	6810,47	6807,07	6808,66	6808,14	6806,25	6804,67	5548,22	5649,31	5605,26	5648,16	5723,02	5720,66	5722,3	5722,34	5720,44	5721,33	5721,13	6929,38	7489,43	8201,78	8201,09	7904,15	6810,9
V2G (kW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	149,6	409,2	556,6	917,4	444,4	319	316,8	0	0	127,6	220	0	0

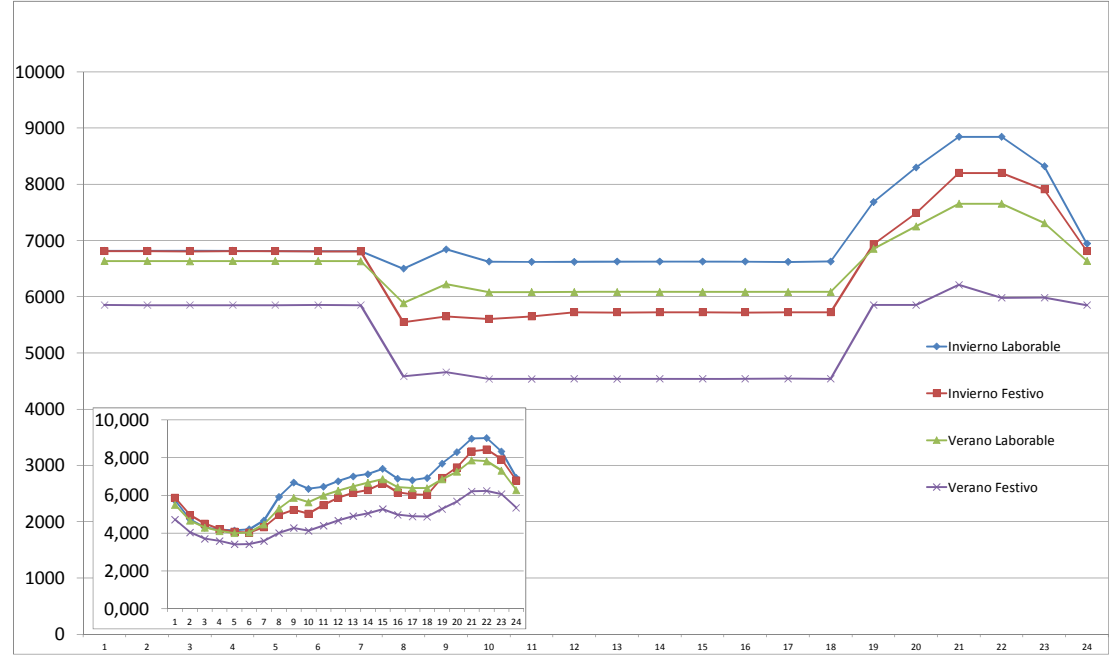


Dia Ver Laborable

Pinic (kW)	5501,02	4668,38	4299,56	4120,08	4006	4039,66	4467,9	5310,76	5870,8	5634,36	5995,61	6250,53	6470,1	6669,09	6855,02	6435,03	6387,17	6384,77	6851,23	7253,36	7852,97	7803,87	7309,89	6278,47
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	307	532	631	680	711	702	585	156	95	156	61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	97
CHARGE(kW)	1135,9	1968,4	2334,7	2516	2630,7	2597,4	2164,5	577,2	351,5	577,2	225,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	358,9
Pot(MW)	6636,92	6636,78	6634,26	6636,08	6637,06	6637,06	6632,4	5887,96	6222,3	6081,76	6084,91	6085,53	6087,3	6086,09	6087,22	6085,23	6085,77	6087,77	6851,23	7253,36	7654,97	7654,27	7309,89	6637,37
V2G (kW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	129,8	136,4	165	382,8	583	767,8	349,8	301,4	297	0	0	198	149,6	0	0

Dia Ver Festivo

Pinic (kW)	4723,26	4044,71	3708,79	3593,52	3412,48	3417,3	3594,09	4009,3	4277,24	4135,21	4399,54	4674,49	4902,89	5051,13	5277,3	4983,07	4897,37	4878,18	5287,68	5680,91	6211,97	6241,11	6070,96	5347,47
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	305	488	579	610	659	658	610	155	103	141	69	0	0	0	0	0	0	0	153	47	0	0	0	136
CHARGE(kW)	1128,5	1805,6	2142,3	2257	2438,3	2434,6	2257	573,5	381,1	521,7	255,3	0	0	0	0	0	0	0	566,1	173,9	0	0	0	503,2
Pot(MW)	5851,76	5850,31	5851,09	5850,52	5850,78	5851,9	5851,09	4582,8	4658,34	4538,11	4538,24	4540,29	4539,89	4540,73	4542,5	4540,87	4543,17	4541,58	5853,78	5854,81	6211,97	5981,51	5982,96	5850,67
V2G (kW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	118,8	116,6	134,2	363	510,4	734,8	442,2	354,2	336,6	0	0	0	259,6	88	0



ANEXO VI Resultados Obtenidos Estrategia V2G-Punta

ANEXO VII. Resultados Obtenidos Estrategia 90%-10%, V2G Punta, penetración 10%

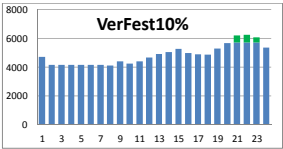
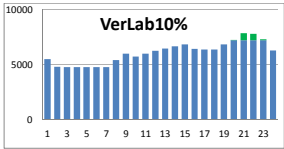
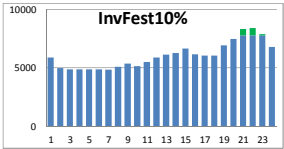
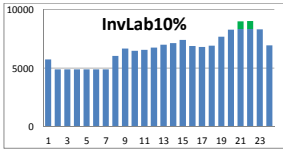
10% Penetración (283cars-31cars) V2G

Dia Inv Laborable

Pinic (kW)	5736,4	4733,8	4308,46	4186,06	4155,84	4207,63	4671,13	5922,81	6681,01	6354,42	6461,24	6753,79	7010,61	7131,88	7406,79	6883,75	6802,89	6925,25	7684,47	8300,37	9007,95	9029,87	8319,48	6942,91
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	0	46	160	193	201	187	62	31	0	31	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	0	170,2	592	714,1	743,7	691,9	229,4	114,7	0	114,7	114,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	5736,4	4904	4900,46	4900,16	4899,54	4899,53	4900,53	6037,51	6681,01	6469,12	6575,94	6753,79	7010,61	7131,88	7406,79	6883,75	6802,89	6925,25	7684,47	8300,37	8332,95	8332,87	8319,48	6942,91
	775	1000	1001	1001	1001	1001	1001	269	95	152	124	75	6	0	0	40	62	29	249	82	0	0	77	449
V2G (KW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	675	697	0	0

Dia Inv Festivo

Pinic (kW)	5874,66	4964,17	4509,37	4214,96	4073,84	4027,55	4314,57	4971,02	5234,91	5028,06	5485,36	5872,62	6129,86	6278,9	6639,74	6164,84	6040,33	6037,93	6929,38	7489,43	8329,38	8421,09	7904,15	6785
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	0	0	94	174	212	223	145	31	31	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	0	0	347,8	643,8	784,4	825,1	536,5	114,7	114,7	114,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	5874,66	4964,17	4857,17	4858,76	4858,24	4852,65	4851,07	5085,72	5349,61	5142,76	5485,36	5872,62	6129,86	6278,9	6639,74	6164,84	6040,33	6037,93	6929,38	7489,43	7770,38	7770,09	7769,15	6785
	683	929	958	958	958	959	959	252	180	236	144	39	0	0	0	0	0	0	398	247	20	0	135	437
V2G (KW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	559	651	135	0

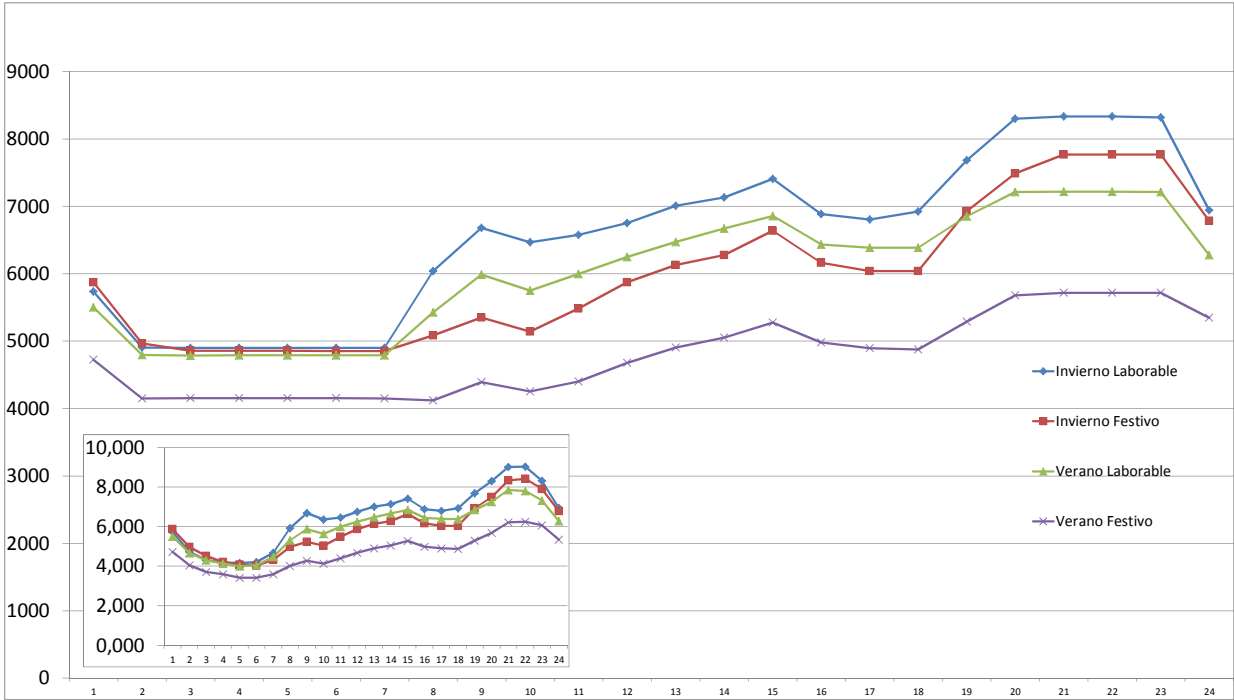


Dia Ver Laborable

Pinic (kW)	5501,02	4668,38	4299,56	4120,08	4006	4039,66	4467,9	5310,76	5870,8	5634,36	5995,61	6250,53	6470,1	6669,09	6855,02	6435,03	6387,17	6384,77	6851,23	7253,36	7852,97	7803,87	7309,89	6278,47
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	0	34	132	181	212	203	87	31	31	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	0	125,8	488,4	669,7	784,4	751,1	321,9	114,7	114,7	114,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	5501,02	4794,18	4787,96	4789,78	4790,4	4790,76	4789,8	5425,46	5985,5	5749,06	5995,61	6250,53	6470,1	6669,09	6855,02	6435,03	6387,17	6384,77	6851,23	7214,36	7214,97	7215,87	7212,89	6278,47
	636	827	828	828	828	828	828	282	131	195	128	59	0	0	0	9	22	23	271	162	0	13	147	426
V2G (KW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39	638	588	97	0

Dia Ver Festivo

Pinic (kW)	4723,26	4044,71	3708,79	3593,52	3412,48	3417,3	3594,09	4009,3	4277,24	4135,21	4399,54	4674,49	4902,89	5051,13	5277,3	4983,07	4897,37	4878,18	5287,68	5680,91	6211,97	6241,11	6070,96	5347,47
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	0	29	120	151	200	199	150	30	31	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	0	107,3	444	558,7	740	736,3	555	111	114,7	118,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	4723,26	4152,01	4152,79	4152,22	4152,48	4153,6	4149,09	4120,3	4391,94	4253,61	4399,54	4674,49	4902,89	5051,13	5277,3	4983,07	4897,37	4878,18	5287,68	5680,91	5717,97	5718,11	5717,96	5347,47
	411	565	565	565	565	565	566	226	153	191	151	77	15	0	0	17	22	258	152	8	1	47	242	
V2G (KW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	494	523	353	0	



ANEXO VI.II. Resultados Obtenidos Estrategia 90%-10%, V2G Punta, penetración 20%

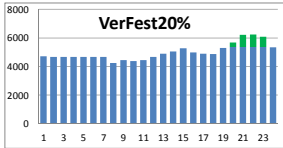
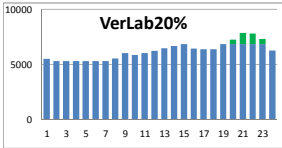
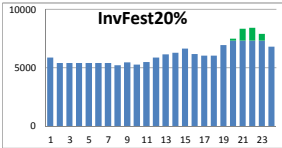
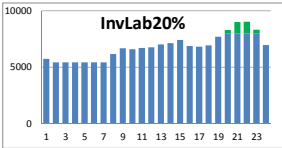
20% Penetración (566cars-62cars) V2G

Dia Inv Laborable

Pinic (kW)	5736,4	4733,8	4308,46	4186,06	4155,84	4207,63	4671,13	5922,81	6681,01	6354,42	6461,24	6753,79	7010,61	7131,88	7406,79	6883,75	6802,89	6925,25	7684,47	8300,37	9007,95	9029,87	8319,48	6942,91
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	0	187	302	335	343	328	203	62	1	62	61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	0	691,9	1117,4	1239,5	1269,1	1213,6	751,1	229,4	3,7	229,4	225,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	5736,4	5425,7	5425,86	5425,56	5424,94	5421,23	5422,23	6152,21	6684,71	6583,82	6686,94	6753,79	7010,61	7131,88	7406,79	6883,75	6802,89	6925,25	7684,47	7984,37	7982,95	7983,87	7983,48	6942,91
	775	859	859	859	859	860	860	238	94	121	94	75	6	0	0	40	62	29	249	82	0	0	77	449
V2G (KW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	316	1025	1046	336	0

Dia Inv Festivo

Pinic (kW)	5874,66	4964,17	4509,37	4214,96	4073,84	4027,55	4314,57	4971,02	5234,91	5028,06	5485,36	5872,62	6129,86	6278,9	6639,74	6164,84	6040,33	6037,93	6929,38	7489,43	8329,38	8421,09	7904,15	6785
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	0	117	240	320	358	370	292	62	62	62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	0	432,9	888	1184	1324,6	1369	1080,4	229,4	229,4	229,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	5874,66	5397,07	5397,37	5398,96	5398,44	5396,55	5394,97	5200,42	5464,31	5257,46	5485,36	5872,62	6129,86	6278,9	6639,74	6164,84	6040,33	6037,93	6929,38	7332,43	7331,38	7332,09	7332,15	6785
	683	812	812	812	812	812	812	221	149	205	144	39	0	0	0	0	0	0	398	247	20	0	135	437
V2G (KW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	157	998	1089	572	0

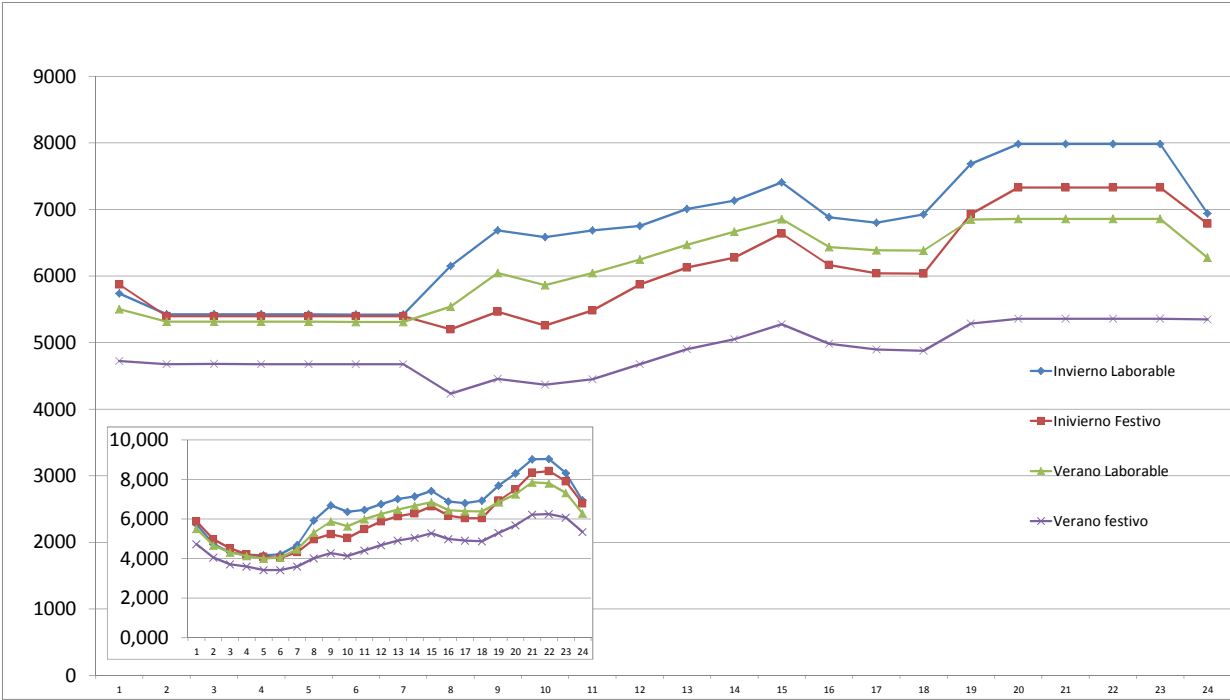


Dia Ver Laborable

Pinic (kW)	5501,02	4668,38	4299,56	4120,08	4006	4039,66	4467,9	5310,76	5870,8	5634,36	5995,61	6250,53	6470,1	6669,09	6855,02	6435,03	6387,17	6384,77	6851,23	7253,36	7852,97	7803,87	7309,89	6278,47
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	0	175	274	323	354	344	228	62	48	62	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	0	647,5	1013,8	1195,1	1309,8	1272,8	843,6	229,4	177,6	229,4	51,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	5501,02	5315,88	5313,36	5315,18	5315,8	5312,46	5311,5	5540,16	6048,4	5863,76	6047,41	6250,53	6470,1	6669,09	6855,02	6435,03	6387,17	6384,77	6851,23	6861,36	6860,97	6859,87	6860,89	6278,47
	636	686	686	686	686	687	687	251	114	164	114	59	0	0	0	9	22	23	271	162	0	13	147	426
V2G (KW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	392	992	944	449	0

Dia Ver Festivo

Pinic (kW)	4723,26	4044,71	3708,79	3593,52	3412,48	3417,3	3594,09	4009,3	4277,24	4135,21	4399,54	4674,49	4902,89	5051,13	5277,3	4983,07	4897,37	4878,18	5287,68	5680,91	6211,97	6241,11	6070,96	5347,47
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	0	171	262	292	341	340	292	61	48	63	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	0	632,7	969,4	1080,4	1261,7	1258	1080,4	225,7	177,6	233,1	51,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	4723,26	4677,41	4678,19	4673,92	4674,18	4675,3	4674,49	4235	4454,84	4368,31	4451,34	4674,49	4902,89	5051,13	5277,3	4983,07	4897,37	4878,18	5287,68	5359,91	5360,97	5360,11	5359,96	5347,47
	411	423	423	424	424	424	424	195	136	160	137	77	15	0	0	17	22	258	152	8	1	47	242	
V2G (KW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	321	851	881	711	0



ANEXO VI.III. Resultados Obtenidos Estrategia 90%-10%, V2G Punta, penetración 30%

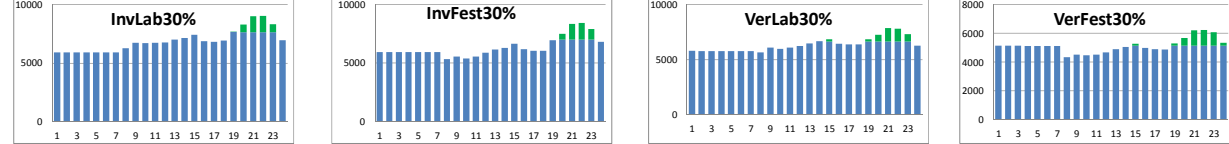
30% Penetración (849cars-93cars) V2G

Dia Inv Laborable

Pinic (kW)	5736,4	4733,8	4308,46	4186,06	4155,84	4207,63	4671,13	5922,81	6681,01	6354,42	6461,24	6753,79	7010,61	7131,88	7406,79	6883,75	6802,89	6925,25	7684,47	8300,37	9007,95	9029,87	8319,48	6942,91
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	49	320	435	468	476	462	337	93	17	93	76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	181,3	1184	1609,5	1731,6	1761,2	1709,4	1246,9	344,1	62,9	344,1	281,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	5917,7	5917,8	5917,66	5917,66	5917,04	5917,03	5918,03	6266,91	6743,91	6698,52	6742,44	6753,79	7010,61	7131,88	7406,79	6883,75	6802,89	6925,25	7648,47	7647,37	7646,95	7646,87	7647,48	6942,91
	726	726	726	726	726	726	726	207	78	90	79	75	6	0	0	40	62	29	249	82	0	0	77	449
V2G (KW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	653	1361	1383	672	0

Dia Inv Festivo

Pinic (kW)	5874,66	4964,17	4509,37	4214,96	4073,84	4027,55	4314,57	4971,02	5234,91	5028,06	5485,36	5872,62	6129,86	6278,9	6639,74	6164,84	6040,33	6037,93	6929,38	7489,43	8329,38	8421,09	7904,15	6785
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	11	257	380	460	498	509	431	93	80	93	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	40,7	950,9	1406	1702	1842,6	1883,3	1594,7	344,1	296	344,1	48,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	5915,36	5915,07	5915,37	5916,96	5916,44	5910,85	5909,27	5315,12	5530,91	5372,16	5533,46	5872,62	6129,86	6278,9	6639,74	6164,84	6040,33	6037,93	6929,38	6985,43	6985,38	6985,09	6986,15	6785
	672	672	672	672	672	673	673	190	131	174	131	39	0	0	0	0	0	0	398	247	20	0	135	437
V2G (KW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	504	1344	1436	918	0

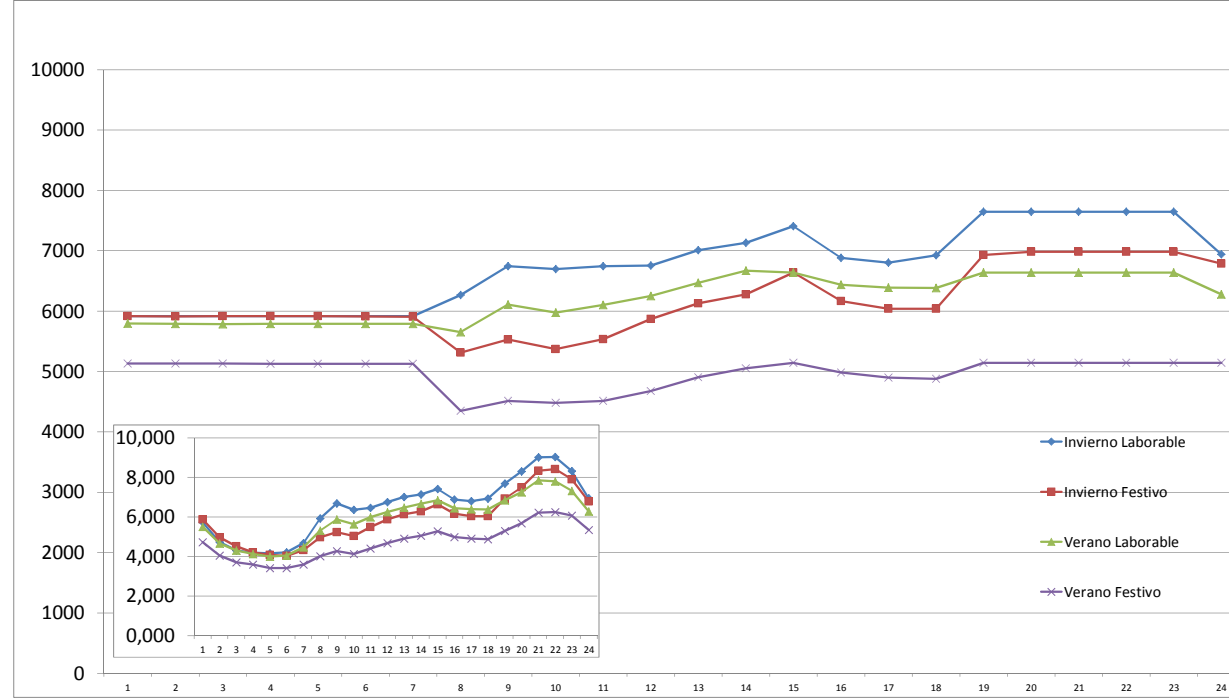


Dia Ver Laborable

Pinic (kW)	5501,02	4668,38	4299,56	4120,08	4006	4039,66	4467,9	5310,76	5870,8	5634,36	5995,61	6250,53	6470,1	6669,09	6855,02	6435,03	6387,17	6384,77	6851,23	7253,36	7852,97	7803,87	7309,89	6278,47
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	292,3	1121,1	1487,4	1668,7	1783,4	1750,1	1320,9	344,1	236,8	344,1	107,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	0,2923	1,1211	1,4874	1,6687	1,7834	1,7501	1,3209	0,3441	0,2368	0,3441	0,1073	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	5793,32	5789,48	5786,96	5788,78	5789,4	5789,76	5788,8	5654,86	6107,6	5978,46	6102,91	6250,53	6470,1	6669,09	6640,02	6435,03	6387,17	6384,77	6639,23	6639,36	6639,97	6638,87	6639,89	6278,47
	557	558	558	558	558	558	558	220	98	133	99	59	0	0	0	9	22	23	271	162	0	13	147	426
V2G (KW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	215	0	0	0	212	614	1213	1165	670	0

Dia Ver Festivo

Pinic (kW)	4723,26	4044,71	3708,79	3593,52	3412,48	3417,3	3594,09	4009,3	4277,24	4135,21	4399,54	4674,49	4902,89	5051,13	5277,3	4983,07	4897,37	4878,18	5287,68	5680,91	6211,97	6241,11	6070,96	5347,47
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	111	294	385	415	464	463	415	92	63	94	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	410,7	1087,8	1424,5	1535,5	1716,8	1713,1	1535,5	340,4	233,1	347,8	111	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	5133,96	5132,51	5133,29	5129,02	5129,28	5130,4	5129,59	4349,7	4510,34	4483,01	4510,54	4674,49	4902,89	5051,13	5144,3	4983,07	4897,37	4878,18	5143,68	5144,91	5144,97	5145,11	5143,89	5144,47
	300	300	300	301	301	301	301	164	121	129	121	77	15	0	0	17	22	258	258	152	8	1	47	242
V2G (KW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	133	0	0	0	144	536	1067	1096	927	203





ANEXO VI.IV. Resultados Obtenidos Estrategia 90%-10%, V2G Punta, penetración 40%

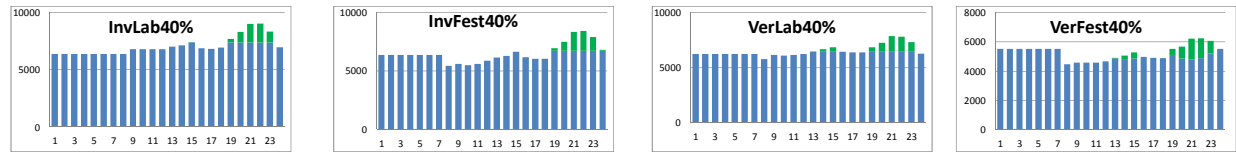
40% Penetración (1132cars-124cars) V2G

Dia Inv Laborable

Pinic (kW)	5736,4	4733,8	4308,46	4186,06	4155,84	4207,63	4671,13	5922,81	6681,01	6354,42	6461,24	6753,79	7010,61	7131,88	7406,79	6883,75	6802,89	6925,25	7684,47	8300,37	9007,95	9029,87	8319,48	6942,91
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	171	442	556	589	597	583	458	124	30	118	90	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	632,7	1635,4	2057,2	2179,3	2208,9	2157,1	1694,6	458,8	111	436,6	333	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	6369,1	6369,2	6365,66	6365,36	6364,74	6364,73	6365,73	6381,61	6792,01	6791,02	6794,24	6790,79	7010,61	7131,88	7375,79	6883,75	6802,89	6925,25	7376,47	7376,37	7376,95	7376,87	7376,48	6942,91
	604	604	605	605	605	605	605	176	65	65	65	65	6	0	0	40	62	29	249	82	0	0	77	449
V2G (KW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31	0	0	0	308	924	1631	1653	943	0

Dia Inv Festivo

Pinic (kW)	5874,66	4964,17	4509,37	4214,96	4073,84	4027,55	4314,57	4971,02	5234,91	5028,06	5485,36	5872,62	6129,86	6278,9	6639,74	6164,84	6040,33	6037,93	6929,38	7489,43	8329,38	8421,09	7904,15	6785
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	132	378	501	581	619	631	553	124	96	124	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	488,4	1398,6	1853,7	2149,7	2290,3	2334,7	2046,1	458,8	355,2	458,8	103,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	6363,06	6362,77	6363,07	6364,66	6364,14	6362,25	6360,67	5429,82	5590,11	5486,86	5588,96	5872,62	6129,86	6278,9	6639,74	6164,84	6040,33	6037,93	6726,38	6727,43	6726,38	6726,09	6726,15	6727
	551	551	551	551	551	551	551	159	115	143	116	39	0	0	0	0	0	0	398	247	20	0	135	437
V2G (KW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	203	762	1603	1695	1178	58

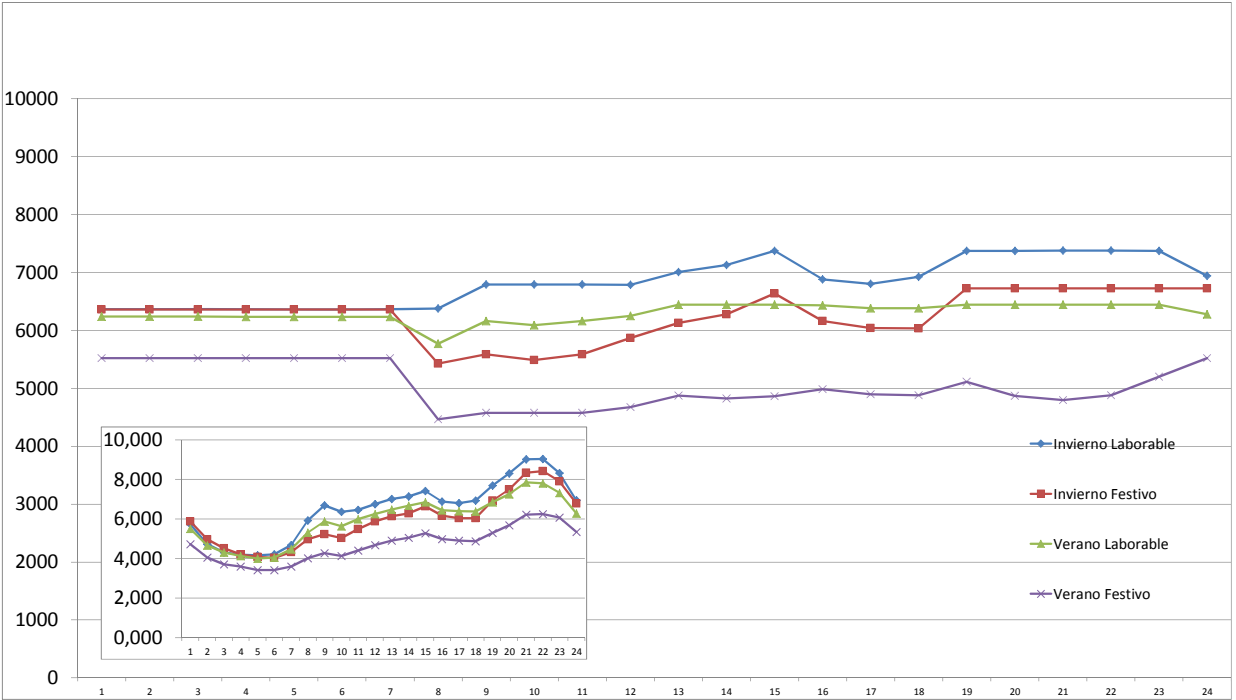


Dia Ver Laborable

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Pinic (kW)	5501,02	4668,38	4299,56	4120,08	4006	4039,66	4467,9	5310,76	5870,8	5634,36	5995,61	6250,53	6470,1	6669,09	6855,02	6435,03	6387,17	6384,77	6851,23	7253,36	7852,97	7803,87	7309,89	6278,47
t=150	200	425	524	572	603	594	478	124	79	124	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nº CHARGE	740	1572,5	1938,8	2116,4	2231,1	2197,8	1768,6	458,8	292,3	458,8	166,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	0,74	1,5725	1,9388	2,1164	2,2311	2,1978	1,7686	0,4588	0,2923	0,4588	0,1665	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	6241,02	6240,88	6238,36	6236,48	6237,1	6237,46	6236,5	5769,56	6163,1	6093,16	6162,11	6250,53	6445,1	6445,09	6445,02	6435,03	6387,17	6384,77	6445,23	6445,36	6444,97	6444,87	6444,89	6278,47
	436	436	436	437	437	437	437	189	83	102	83	59	0	0	0	9	22	23	271	162	0	13	147	426
V2G (KW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	224	410	0	0	0	406	808	1408	1359	865	0

Dia Ver Festivo

Pinic (kW)	4723,26	4044,71	3708,79	3593,52	3412,48	3417,3	3594,09	4009,3	4277,24	4135,21	4399,54	4674,49	4902,89	5051,13	5277,3	4983,07	4897,37	4878,18	5287,68	5680,91	6211,97	6241,11	6070,96	5347,47
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	216	399	490	521	570	569	521	123	81	120	48	0	0	0	0	0	0	0	63	0	0	0	0	47
CHARGE(kW)	799,2	1476,3	1813	1927,7	2109	2105,3	1927,7	455,1	299,7	444	177,6	0	0	0	0	0	0	0	233,1	0	0	0	0	173,9
Pot(MW)	5522,46	5521,01	5521,79	5521,22	5521,48	5522,6	5521,79	4464,4	4576,94	4579,21	4577,14	4674,49	4873,89	4824,13	4863,3	4983,07	4897,37	4878,18	5110,78	4868,91	4799,97	4878,11	5201,96	5521,37
	195	195	195	195	195	195	195	133	103	103	103	77	15	0	0	17	22	195	152	8	1	47	195	
V2G (KW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	227	414	0	0	0	410	812	1412	1363	869	0



ANEXO VI.V. Resultados Obtenidos Estrategia 90%-10%, V2G Punta, penetración 50%

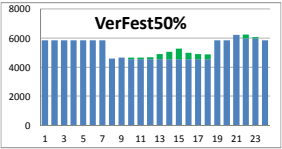
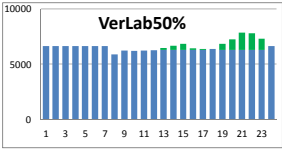
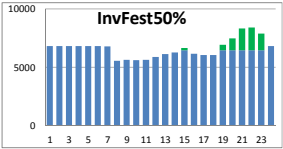
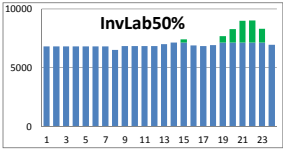
50% Penetración (1415cars-156cars) V2G

Dia Inv Laborable

Pinic (kW)	5736,4	4733,8	4308,46	4186,06	4155,84	4207,63	4671,13	5922,81	6681,01	6354,42	6461,24	6753,79	7010,61	7131,88	7406,79	6883,75	6802,89	6925,25	7684,47	8300,37	9007,95	9029,87	8319,48	6942,91
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	292	563	678	711	718	704	579	156	44	132	103	23	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	1080,4	2083,1	2508,6	2630,7	2656,6	2604,8	2142,3	577,2	162,8	488,4	381,1	85,1	0	0	0	0	37	0	0	0	0	0	0	0
Pot(MW)	6816,8	6816,9	6817,06	6816,76	6812,44	6812,43	6813,43	6500,01	6843,81	6842,82	6842,34	6838,89	7010,61	7131,88	7143,79	6883,75	6839,89	6925,25	7144,47	7144,37	7143,95	7143,87	7145,48	6942,91
	483	483	483	483	484	484	484	144	51	51	52	52	6	0	0	40	52	29	249	82	0	0	77	449
V2G (KW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	263	0	0	540	1156	1864	1886	1174	0

Dia Inv Festivo

Pinic (kW)	5874,66	4964,17	4509,37	4214,96	4073,84	4027,55	4314,57	4971,02	5234,91	5028,06	5485,36	5872,62	6129,86	6278,9	6639,74	6164,84	6040,33	6037,93	6929,38	7489,43	8329,38	8421,09	7904,15	6785
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	253	499	621	701	739	751	673	156	112	156	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
CHARGE(kW)	936,1	1846,3	2297,7	2593,7	2734,3	2778,7	2490,1	577,2	414,4	577,2	162,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25,9
Pot(MW)	6810,76	6810,47	6807,07	6808,66	6808,14	6806,25	6804,67	5548,22	5649,31	5605,26	5648,16	5872,62	6129,86	6278,9	6472,74	6164,84	6040,33	6037,93	6474,38	6473,43	6473,38	6473,09	6473,15	6810,9
	430	430	431	431	431	431	431	127	99	111	100	39	0	0	0	0	0	0	398	247	20	0	135	430
V2G (KW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	167	0	0	0	455	1016	1856	1948	1431	0

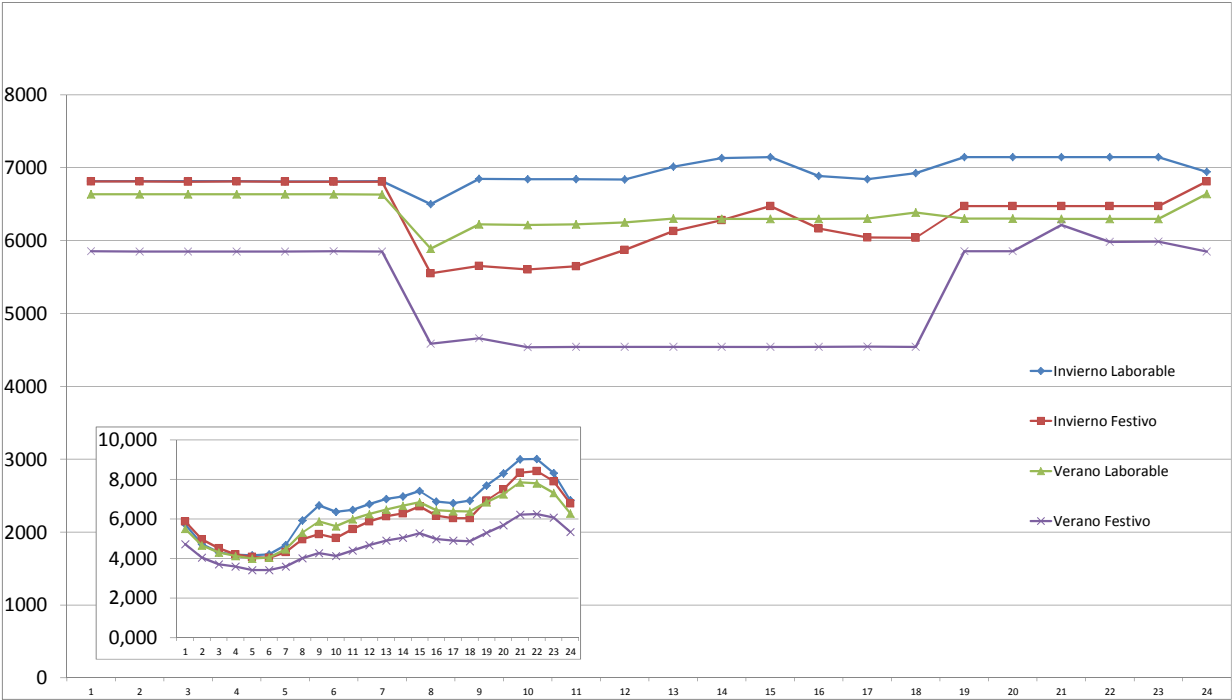


Dia Ver Laborable

Pinic (kW)	5501,02	4668,38	4299,56	4120,08	4006	4039,66	4467,9	5310,76	5870,8	5634,36	5995,61	6250,53	6470,1	6669,09	6855,02	6435,03	6387,17	6384,77	6851,23	7253,36	7852,97	7802,87	7309,89	6278,47
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	307	532	631	680	711	702	585	156	95	156	61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	97
CHARGE(kW)	1135,9	1968,4	2334,7	2516	2630,7	2597,4	2164,5	577,2	351,5	577,2	225,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	358,9
Pot(MW)	6636,92	6636,78	6634,26	6636,08	6636,7	6637,06	6632,4	5887,96	6222,3	6211,56	6221,31	6250,53	6300,1	6299,09	6299,02	6299,03	6299,17	6384,77	6299,23	6300,36	6298,97	6298,87	6298,89	6637,37
	329	329	329	329	329	329	330	157	67	70	67	59	0	0	0	9	22	23	271	162	0	13	147	329
V2G (KW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	170	370	556	136	88	0	552	953	1554	1505	1011	0

Dia Ver Festivo

Pinic (kW)	4723,26	4044,71	3708,79	3593,52	3412,48	3417,3	3594,09	4009,3	4277,24	4135,21	4399,54	4674,49	4902,89	5051,13	5277,3	4983,07	4897,37	4878,18	5287,68	5680,91	6211,97	6241,11	6070,96	5347,47
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	305	488	579	610	659	658	610	155	103	141	69	0	0	0	0	0	0	0	153	47	0	0	0	136
CHARGE(kW)	1128,5	1805,6	2142,3	2257	2438,3	2434,6	2257	573,5	381,1	521,7	255,3	0	0	0	0	0	0	0	566,1	173,9	0	0	0	503,2
Pot(MW)	5851,76	5850,31	5851,09	5850,52	5850,78	5851,9	5851,09	4582,8	4658,34	4538,11	4538,24	4540,29	4539,89	4540,73	4542,5	4540,87	4543,17	4541,58	5853,78	5854,81	6211,97	5981,51	5982,96	5850,67
	106	106	106	106	106	106	106	101	81	82	77	15	0	0	0	17	22	105	105	105	8	1	47	106
V2G (KW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	118,8	116,6	134,2	363	510,4	734,8	442,2	354,2	336,6	0	0	0	259,6	88	0



## ANEXO VII. Resultados Obtenidos Estrategia Final

ANEXO VIII.I. Resultados Obtenidos Estrategia Final, penetración 10%; usuarios 90%-10%; 5% usuarios no usan; 5% usuarios R-EVE.

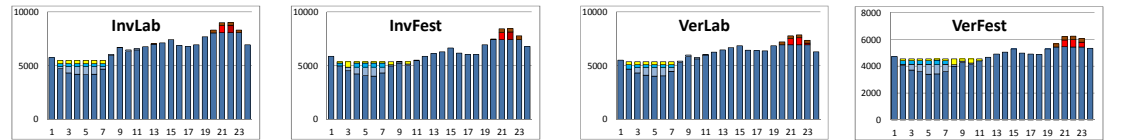
10% Penetración (283cars-31cars-157carsR-EVE-157carsNoUsan)

Dia Inv Laborable

Pinic (kW)	5736,4	4733,8	4308,46	4186,06	4155,84	4207,63	4671,13	5922,81	6681,01	6354,42	6461,24	6753,79	7010,61	7131,88	7406,79	6883,75	6802,89	6925,25	7684,47	8300,37	9007,95	9029,87	8319,48	6942,91
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	0	44	160	193	201	187	62	31	1	31	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	0	162,8	592	714,1	743,7	691,9	229,4	114,7	3,7	114,7	114,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE NO USA(kW)	0	292,3	288,6	292,3	292,3	288,6	292,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE R-EVE(kW)	0	292,3	292,3	288,6	292,3	292,3	288,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot-V2G	5736,4	4733,8	4308,46	4186,06	4155,84	4207,63	4671,13	5922,81	6681,01	6354,42	6461,24	6753,79	7008,41	7131,88	7406,79	6883,75	6802,89	6925,25	7684,47	8056,17	8064,55	8066,67	8059,88	6942,91
V2G (kW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V2G 24 horas(kW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,2	0	0	0	0	0	0	244,2	268,4	266,2	259,6	0
Pot Final (kW)	5736,4	5481,2	5481,36	5481,06	5484,14	5480,43	5481,43	6037,51	6684,71	6469,12	6575,94	6753,79	7008,41	7131,88	7406,79	6883,75	6802,89	6925,25	7684,47	8056,17	8064,55	8066,67	8059,88	6942,91

Dia Inv Festivo

Pinic (kW)	5874,66	4964,17	4509,37	4214,96	4073,84	4027,55	4314,57	4971,02	5234,91	5028,06	5485,36	5872,62	6129,86	6278,9	6639,74	6164,84	6040,33	6037,93	6929,38	7489,43	8329,38	8421,09	7904,15	6785
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	0	0	94	173	211	223	146	31	31	31	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	0	0	347,8	640,1	780,7	825,1	540,2	114,7	114,7	114,7	3,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE NO USA(kW)	0	140,6	510,6	144,3	144,3	140,6	140,6	281,2	18,5	225,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE R-EVE(kW)	0	262,7	0	370	370	373,7	370	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot-V2G	5874,66	4964,17	4509,37	4214,96	4073,84	4027,55	4314,57	4971,02	5234,91	5028,06	5485,36	5872,62	6129,86	6278,9	6639,74	6164,84	6040,33	6037,93	6929,38	7434,43	7431,78	7439,29	7446,95	6785
V2G (kW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	561	654	136	0	0
V2G 24 horas(kW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55	336,6	327,8	321,2	0
Pot Final (kW)	5874,66	5367,47	5367,77	5369,36	5368,84	5366,95	5365,37	5366,92	5368,11	5368,46	5489,06	5872,62	6129,86	6278,9	6639,74	6164,84	6040,33	6037,93	6929,38	7434,43	7431,78	7439,29	7446,95	6785

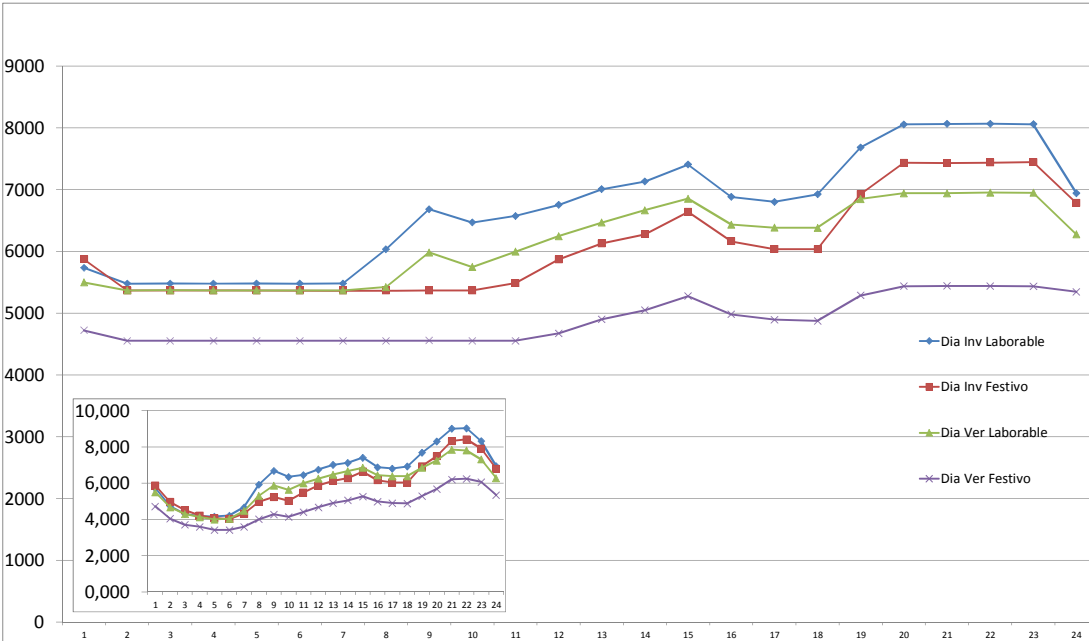


Dia Ver Laborable

Pinic (kW)	5501,02	4668,38	4299,56	4120,08	4006	4039,66	4467,9	5310,76	5870,8	5634,36	5995,61	6250,53	6470,1	6669,09	6855,02	6435,03	6387,17	6384,77	6851,23	7253,36	7852,97	7803,87	7309,89	6278,47
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	0	0	139	188	218	209	93	31	31	31	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	0	0	514,3	695,6	806,6	773,3	344,1	114,7	114,7	114,7	3,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE NO USA(kW)	0	292,3	292,3	288,6	292,3	292,3	288,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE R-EVE(kW)	0	410,7	266,4	266,4	266,4	266,4	270,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot-V2G	5501,02	4668,38	4299,56	4120,08	4006	4039,66	4467,9	5310,76	5870,8	5634,36	5995,61	6250,53	6470,1	6669,09	6855,02	6435,03	6387,17	6384,77	6851,23	6943,36	6943,97	6952,67	6950,49	6278,47
V2G (kW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46	645	596	102	0
V2G 24 horas(kW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	264	264	255,2	257,4	0
Pot Final (kW)	5501,02	5371,38	5372,56	5370,68	5371,3	5371,66	5370,7	5425,46	5985,5	5749,06	5999,31	6250,53	6470,1	6669,09	6855,02	6435,03	6387,17	6384,77	6851,23	6943,36	6943,97	6952,67	6950,49	6278,47

Dia Ver Festivo

Pinic (kW)	4723,26	4044,71	3708,79	3593,52	3412,48	3417,3	3594,09	4009,3	4277,24	4135,21	4399,54	4674,49	4902,89	5051,13	5277,3	4983,07	4897,37	4878,18	5287,68	5680,91	6211,97	6241,11	6070,96	5347,47
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	0	29	119	150	200	198	150	31	31	31	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	0	107,3	440,3	555	740	732,6	555	114,7	114,7	114,7	3,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE NO USA(kW)	0	114,7	114,7	114,7	114,7	114,7	114,7	432,9	166,5	307,1	151,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE R-EVE(kW)	0	288,6	292,3	292,3	288,6	292,3	292,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot-V2G	4723,26	4044,71	3708,79	3593,52	3412,48	3417,3	3594,09	4009,3	4277,24	4135,21	4399,54	4674,49	4902,89	5051,13	5277,3	4983,07	4897,37	4878,18	5287,68	5438,91	5444,17	5439,91	5436,36	5347,47
V2G (kW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	506	535	364	0
V2G 24 horas(kW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	242	261,8	266,2	270,6	0
Pot Final (kW)	4723,26	4555,31	4556,09	4555,52	4555,78	4556,9	4556,09	4556,9	4558,44	4557,01	4554,94	4674,49	4902,89	5051,13	5277,3	4983,07	4897,37	4878,18	5287,68	5438,91	5444,17	5439,91	5436,36	5347,47



ANEXO VII.II. Resultados Obtenidos Estrategia Final, penetración 20%; usuarios 90%-10%; 5% usuarios no usan; 10% usuarios R-EVE.

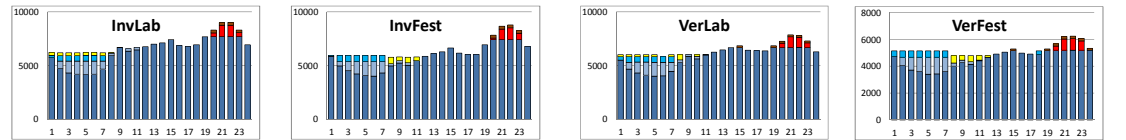
20% Penetración (565cars-62cars-314carsR-EVE-157carsNoUsan)

Dia Inv Laborable

Pinic (kW)	5736,4	4733,8	4308,46	4186,06	4155,84	4207,63	4671,13	5922,81	6681,01	6354,42	6461,24	6753,79	7010,61	7131,88	7406,79	6883,75	6802,89	6925,25	7684,47	8300,37	9007,95	9029,87	8319,48	6942,91
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	0	44	160	193	201	187	62	31	1	31	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	0	688,2	1113,7	1235,8	1269,1	1217,3	751,1	229,4	7,4	229,4	225,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE NO USA(kW)	244,2	240,5	240,5	240,5	240,5	244,2	240,5	55,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE R-EVE(kW)	229,4	543,9	543,9	543,9	543,9	540,2	543,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot-V2G	5736,4	4733,8	4308,46	4186,06	4155,84	4207,63	4671,13	5922,81	6681,01	6354,42	6461,24	6753,79	7010,61	7131,88	7406,79	6883,75	6802,89	6925,25	7684,47	7710,37	7713,35	7714,27	7717,08	6942,91
V2G (kW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	326	1035	1056	345	0
V2G 24 horas(kW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	264	259,6	259,6	257,4	0
Pot Final (kW)	6210	6206,4	6206,56	6206,26	6209,34	6209,33	6206,63	6207,71	6688,41	6583,82	6686,94	6753,79	7010,61	7131,88	7406,79	6883,75	6802,89	6925,25	7684,47	7710,37	7713,35	7714,27	7717,08	6942,91

Dia Inv Festivo

Pinic (kW)	5874,66	4964,17	4509,37	4214,96	4073,84	4027,55	4314,57	4971,02	5234,91	5028,06	5485,36	5872,62	6129,86	6278,9	6639,74	6164,84	6040,33	6037,93	6929,38	7489,43	8329,38	8421,09	7904,15	6785
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	0	0	94	173	211	223	146	31	31	31	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	0	432,9	888	1180,3	1324,6	1369	1080,4	229,4	229,4	229,4	3,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE NO USA(kW)	0	0	0	0	0	0	0	580,9	329,3	329,3	303,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE R-EVE(kW)	88,8	566,1	566,1	569,8	566,1	566,1	566,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot-V2G	5874,66	4964,17	4509,37	4214,96	4073,84	4027,55	4314,57	4971,02	5234,91	5028,06	5485,36	5872,62	6129,86	6278,9	6639,74	6164,84	6040,33	6037,93	6929,38	7090,03	7087,78	7087,49	7086,35	6785
V2G (kW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	142	382	1074	556	0
V2G 24 horas(kW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	257,4	259,6	259,6	261,8	0
Pot Final (kW)	5963,46	5963,17	5963,47	5965,06	5964,54	5962,65	5961,07	5781,32	5793,61	5790,26	5792,46	5872,62	6129,86	6278,9	6639,74	6164,84	6040,33	6037,93	6929,38	7090,03	7087,78	7087,49	7086,35	6785

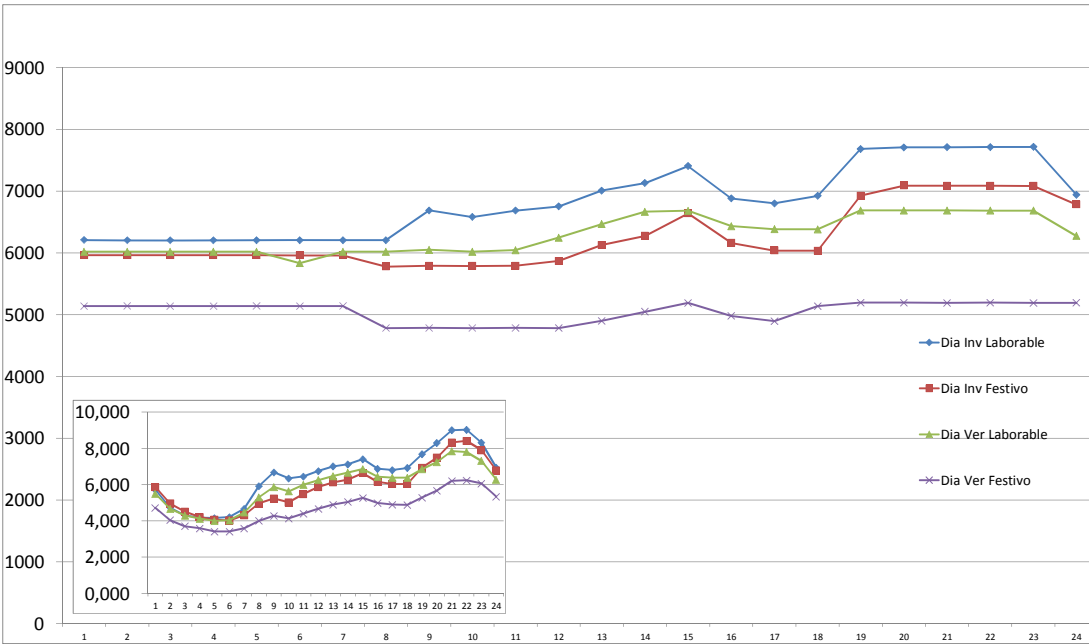


Dia Ver Laborable

Pinic (kW)	5501,02	4668,38	4299,56	4120,08	4006	4039,66	4467,9	5310,76	5870,8	5634,36	5995,61	6250,53	6470,1	6669,09	6855,02	6435,03	6387,17	6384,77	6851,23	7253,36	7852,97	7803,87	7309,89	6278,47
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	0	174	274	323	353	344	227	62	49	62	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	0	643,8	1013,8	1195,1	1306,1	1272,8	839,9	229,4	181,3	229,4	51,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE NO USA(kW)	185	185	181,3	185	185	0	185	481	0	159,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE R-EVE(kW)	336,7	525,4	525,4	521,7	525,4	525,4	529,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot-V2G	5501,02	4668,38	4299,56	4120,08	4006	4039,66	4467,9	5310,76	5870,8	5634,36	5995,61	6250,53	6470,1	6669,09	6855,02	6435,03	6387,17	6384,77	6851,23	7253,36	7852,97	7803,87	7309,89	6278,47
V2G (kW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	387	987	938	445	0
V2G 24 horas(kW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	169,4	0	0	0	0	162,8	176	176	178,2	178,2	0
Pot Final (kW)	6022,72	6022,58	6020,06	6021,88	6022,5	5837,86	6021,9	6021,16	6052,1	6022,86	6047,41	6250,53	6470,1	6669,09	6855,02	6435,03	6387,17	6384,77	6851,23	7253,36	7852,97	7803,87	7309,89	6278,47

Dia Ver Festivo

Pinic (kW)	4723.26	4044.71	3708.79	3593.52	3412.48	3417.3	3594.09	4009.3	4277.24	4135.21	4399.54	4674.49	4902.89	5051.13	5277.3	4983.07	4897.37	4878.18	5287.68	5680.91	6211.97	6241.11	6070.96	5347.47
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	0	170	261	292	341	340	292	62	48	62	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	0	629	965.7	1080.4	1261.7	1258	1080.4	229.4	177.6	229.4	55.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE NO USA(kW)	0	0	0	0	0	0	0	547.6	333	421.8	333	111	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE R-EVE(kW)	418.1	469.9	466.2	466.2	469.9	466.2	469.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	262.7	0	0	0	0	0	0
Pot-V2G	4723.26	4044.71	3708.79	3593.52	3412.48	3417.3	3594.09	4009.3	4277.24	4135.21	4399.54	4674.49	4902.89	5051.13	5193.7	4983.07	4897.37	4878.18	5197.48	5197.91	5193.57	5196.91	5193.56	5195.67
V2G (kW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	307	621.86	866	697	0	0
V2G 24 horas(kW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	83.6	0	0	0	0	90.2	176	180.4	178.2	180.4	151.8
Pot Final (kW)	5141.36	5143.61	5140.69	5140.12	5144.08	5141.5	5144.39	4786.3	4787.84	4786.41	4788.04	4785.49	4902.89	5051.13	5193.7	4983.07	4897.37	5140.88	5197.48	5197.91	5193.57	5196.91	5193.56	5195.67



ANEXO VII.III. Resultados Obtenidos Estrategia Final, penetración 30%; usuarios 90%-10%; 10% usuarios no usan;  
10%usuarios R-EVE.

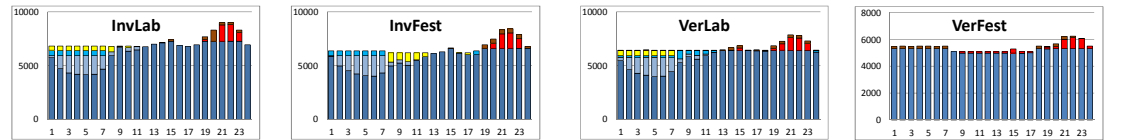
**30% Penetración (848cars-94cars-314carsR-EVE-314carsNoUsan)**

**Dia Inv Laborable**

Pinic (kW)	5736,4	4733,8	4308,46	4186,06	4155,84	4207,63	4671,13	5922,81	6681,01	6354,42	6461,24	6753,79	7010,61	7131,88	7406,79	6883,75	6802,89	6925,25	7684,47	8300,37	9007,95	9029,87	8319,48	6942,91
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	49	319	435	468	476	462	336	94	18	94	77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	181,3	1180,3	1609,5	1731,6	1761,2	1709,4	1243,2	347,8	66,6	347,8	284,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE NO USA(kW)	388,5	392,2	392,2	392,2	388,5	388,5	392,2	532,8	59,2	103,6	55,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE R-EVE(kW)	499,5	499,5	495,8	495,8	499,5	499,5	499,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot-VZG	5736,4	4733,8	4308,46	4186,06	4155,84	4207,63	4671,13	5922,81	6681,01	6354,42	6461,24	6753,79	7010,61	7129,68	7263,79	6883,75	6802,89	6925,25	7261,87	7266,37	7262,55	7262,47	7266,28	6942,91
VZG 24 horas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	196	0	1521	1543	831	0
VZG 24 horas(KW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,2	143	0	0	0	226,6	1034	224,4	224,4	222,2	0	0
Pot Final (kW)	6805,7	6805,8	6805,66	6805,66	6805,04	6805,03	6806,03	6803,41	6806,81	6805,82	6801,64	6753,79	7010,61	7129,68	7263,79	6883,75	6802,89	6925,25	7261,87	7266,37	7262,55	7262,47	7266,28	6942,91

**Dia Inv Festivo**

Pinic (kW)	5874,66	4964,17	4509,37	4214,96	4073,84	4027,55	4314,57	4971,02	5234,91	5028,06	5485,36	5872,62	6129,86	6278,9	6639,74	6164,84	6040,33	6037,93	6929,38	7489,43	8329,38	8421,09	7904,15	6785
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	10	257	380	459	497	510	432	94	82	94	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	37	950,9	1406	1698,3	1838,9	1887	1598,4	347,8	303,4	347,8	48,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE NO USA(kW)	0	0	0	0	0	0	0	869,5	651,2	814	658,6	318,2	0	0	0	25,9	151,7	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE R-EVE(kW)	455,1	451,4	451,4	451,4	451,4	451,4	447,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	325,6	0	0	0	0	0	0
Pot-VZG	5874,66	4964,17	4509,37	4214,96	4073,84	4027,55	4314,57	4971,02	5234,91	5028,06	5485,36	5872,62	6129,86	6278,9	6617,74	6164,84	6040,33	6037,93	6616,98	6617,63	6620,78	6618,29	6615,15	6617,8
VZG (kW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	478	1317	1409	893	0	
VZG 24 horas(kW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	312,4	393,8	391,6	393,8	396	167,2	
Pot Final (kW)	6366,76	6366,47	6366,77	6364,66	6364,14	6365,95	6360,67	6188,32	6189,51	6189,86	6192,06	6190,82	6129,86	6278,9	6617,74	6190,74	6192,03	6363,53	6616,98	6617,63	6620,78	6618,29	6615,15	6617,8



**Dia Ver Laborable**

Pinic (kW)	5501,02	4668,38	4299,56	4120,08	4006	4039,66	4467,9	5310,76	5870,8	5634,36	5995,61	6250,53	6470,1	6669,09	6855,02	6435,03	6387,17	6384,77	6851,23	7253,36	7852,97	7803,87	7309,89	6278,47
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	78	303	402	451	482	472	357	94	65	94	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	288,6	1121,1	1487,4	1668,7	1783,4	1746,4	1320,9	347,8	240,5	347,8	111	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE NO USA(kW)	155,4	159,1	155,4	155,4	159,1	155,4	159,1	784,4	333	462,5	336,7	192,4	0	0	0	7,4	55,5	59,2	0	0	0	0	0	159,1
CHARGE R-EVE(kW)	495,8	495,8	499,5	499,5	495,8	499,5	495,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,4
Pot-VZG	5476,82	4639,78	4273,16	4093,68	3977,4	4013,26	4439,3	5284,36	5842,2	5605,76	5967,01	6221,93	6417,3	6416,49	6416,42	6408,63	6362,97	6356,17	6415,63	6416,96	6415,37	6416,27	6415,29	6249,87
VZG (kW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	212	0	0	0	209	612	1211	1161	668	0
VZG 24 horas(kW)	24,2	28,6	26,4	26,4	28,6	26,4	28,6	26,4	28,6	28,6	28,6	52,8	226,6	226,6	26,4	24,2	28,6	226,6	224,4	226,6	226,6	226,6	226,6	28,6
Pot Final (kW)	6416,62	6415,78	6415,46	6417,28	6415,7	6414,56	6415,1	6416,56	6415,7	6416,06	6414,71	6414,33	6417,3	6416,49	6416,42	6416,03	6418,47	6415,37	6415,63	6416,96	6415,37	6416,27	6415,29	6416,37

**Dia Ver Festivo**

Pinic (kW)	4723,26	4044,71	3708,79	3593,52	3412,48	3417,3	3594,09	4009,3	4277,24	4135,21	4399,54	4674,49	4902,89	5051,13	5277,3	4983,07	4897,37	4878,18	5287,68	5680,91	6211,97	6241,11	6070,96	5347,47
t=150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº CHARGE	110	293	384	415	465	463	414	94	64	94	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE(kW)	407	1084,1	1420,8	1535,5	1720,5	1713,1	1531,8	347,8	236,8	347,8	114,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE NO USA(kW)	0	0	0	0	0	0	0	740	580,9	614,2	580,9	421,8	192,4	44,4	0	114,7	199,8	0	0	0	0	0	0	0
CHARGE R-EVE(kW)	358,9	362,6	358,9	362,6	358,9	358,9	366,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	614,2	203,5	0	0	0	0	144,3
Pot-VZG	4538,46	3857,71	3523,99	3404,32	3223,28	3230,3	3404,89	4009,3	4163,24	4016,21	4272,54	4554,49	4784,89	4922,13	4971,3	4838,07	4791,37	4686,78	5095,68	5303,31	5302,77	5301,91	5303,76	5160,47
VZG (kW)	0	0	0	0	0	0	0	0	114	119	127	120	118	129	306	145	106	0	126	184	698	849	754	187
VZG 24 horas(kW)	184,8	187	184,8	189,2	189,2	187	189,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	191,4	66	193,6	211,2	90,2	13,2	0
Pot Final (kW)	5304,36	5304,41	5303,69	5302,42	5302,68	5302,3	5302,99	5097,1	4980,94	4978,21	4968,14	4976,29	4977,29	4966,53	4971,3	4952,77	4991,17	5300,98	5299,18	5303,31	5302,77	5301,91	5303,76	5304,77

